Elektronik-Handbuch

GIRA

INHALTSVERZEICHNIS ELEKTRONIK-HANDBUCH

1 DIMMER, SCHALTER, TASTER

1.1 Dimmer-Auswahlhilfe

Die Aufgaben moderner Beleuchtungsanlagen sind in den vergangenen Jahren vielfältig gewachsen. Heute steht nicht mehr das einfache „Beleuchten" im Vordergrund; vielmehr wird mit Licht gestaltet. Ästhetische Gesichtspunkte weisen der Betriebstechnik der Lampen hierbei oftmals enge Grenzen zu. Gleichzeitig muss die Beleuchtung wirtschaftlich sein und vorhandene Energiesparpotentiale sollen genutzt werden. Weitere Aspekte sind Flexibilität – sowohl der Beleuchtung wie auch des Bedienkonzepts – und Komfort.

Zentrale Aufgabe von modernen Beleuchtungsanlagen ist das Dimmen von Leuchten. Die verschiedenen Lampentypen – Glühlampen, NV-Halogenlampen, moderne Leuchtstofflampen, LED-Lampen etc. – stellen jeweils eigene Anforderungen an das Lichtsteuergerät.

Die folgenden Abschnitte stellen die einzelnen Auswahlkriterien kurz vor, wobei einzelne Aspekte durchaus nur als Stichpunkte genannt sein können.

Bedienung und Komfort

Für den Kunden steht weniger das Dimmprinzip als der Funktionsumfang der Anlage und der Bedienung im Vordergrund.

- Eine oder mehrere Bedienstellen (Serien-, Kreuzschaltung, mehr als 3 Bedienstellen), Dimmen von allen Bedienstellen;
- Drehdimmer, mit oder ohne Druckschalter;
- Tastdimmer, mit 1- oder 2-Flächenbedienung;
- Drehknopf mit Endanschlag oder 360°-Drehbereich;
- sanftes Einrasten beim Drehen des Dimmknopfes;
- Aufteilung der Beleuchtungsanlage in mehrere Gruppen;
- Lichtszenen, Anwesenheitssimulation.

Installation und Wartung

Personalkosten durch notwendige Wartungsarbeiten in größeren Beleuchtungsanlagen – Austausch von Leuchtmitteln, Feinsicherungen, Dimmgeräten – müssen in die Wirtschaftlichkeitsberechnung einer Anlage einfließen.

Sind Nutzungsänderungen von Räumlichkeiten absehbar – z. B. Umwandlung von Konferenzräumen in Büroarbeitsplätze –, kann Auswahl, Positionierung und Verdrahtung von Dimmgeräten dies frühzeitig berücksichtigen (z. B. durch Aufteilung in Leuchtengruppen) und aufwendigere Nachinstallationsarbeiten reduziert werden.

Aus diesem Grunde werden Dimmer in verschiedenen Bauformen gebaut, z. B.:

- „Vor-Ort"-Dimmer UP;
- Einbau-Dimmer in Zwischendecke (EB) oder Unterverteilung (REG);
- Schnur- oder Möbeleinbau-Dimmer.

Beachtung von Dimmer-Lastbereichen

Die Angaben über Maximal- und Minimalbelastung der Dimmer sind zu beachten. Diese beziehen sich auf die Nennanschlussleistung der Leuchtmittel. Für das Dimmen höherer Leistungen stehen Leistungszusätze zur Verfügung.

Energieeinsparen durch Dimmen?

Eine gedimmte Lampe entnimmt dem Netz weniger Strom als wenn sie mit Volllast betrieben wird. Das spart Energie.

Andererseits entfernt sich die Lampe von ihrem wirtschaftlich optimalen Arbeitspunkt, denn in den meisten Leuchtmitteln wird der größte Anteil der eingesetzten Energie in Wärme umgesetzt.

Wenn eine maximal gedimmte Glühlampe nur noch glimmt und kein nutzbares Licht mehr abgibt, wird sie dennoch deutlich erwärmt, verbraucht also Energie. Eine ohne Dimmer direkt am Netz betriebene 60-W-Glühlampe leuchtet beispielsweise heller als eine 100-W-Lampe, in der durch Dimmen nur 60 W umgesetzt werden. Die für diesen Anwendungsfall optimal ausgewählte Lampe braucht damit weniger Energie als eine gedimmte Lampe.

Nur um Energie zu sparen, ist der Einsatz von Dimmern also nicht sinnvoll. Doch überall da, wo die Helligkeit von Leuchten veränderlich sein soll, ist der Einsatz von Dimmern unverzichtbar. Energiesparen ist hierbei ein positiver Nebeneffekt.

Funktionsprinzip und Lastart

Dimmen im engeren Sinne bezeichnet die Helligkeitssteuerung von Glühlampen. Man unterscheidet beim Dimmen zwischen den beiden grundsätzlichen Prinzipien Phasenanschnitt- und Phasenabschnitt-Steuerung:

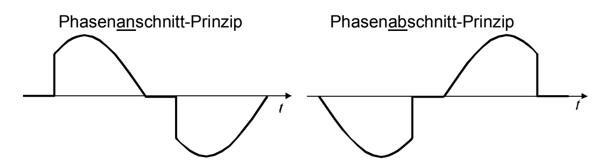


Bild: Dimmprinzipien

Das Phasenanschnitt-Prinzip eignet sich für ohmsche und induktive Lasten, z. B. Glühlampen oder NV-Halogenglühlampen mit konventionellem (gewickeltem) Trafo. Spannungsspitzen im Ausschaltmoment werden dadurch vermieden, dass der Phasenanschnittdimmer im Sinusnullpunkt ausschaltet.

TRONIC-Trafos haben im Allgemeinen ein kapazitives Eingangsverhalten. Steile Einschaltflanken würden hohe Stromspitzen erzeugen; daher werden solche Lasten nach dem Phasenabschnittprinzip, das solche Einschaltflanken vermeidet, gedimmt. Diese Dimmgeräte werden daher auch als TRONIC-Dimmer bezeichnet.

Allgebrauchs- und HV-Halogen-Glühlampen sind ohmsche Verbraucher und nach beiden Prinzipien dimmbar.

Universaldimmer messen bei der Inbetriebnahme die Charakteristik der angeschlossenen Last und wählen anschließend selbst das geeignete Dimmprinzip. Für einen lampenschonenden Betrieb wird für ohmsche Lasten – z. B. Allgebrauchs- und HV-Halogen-Glühlampen – der Phasenabschnitt-Betrieb gewählt.

HV-Halogenlampen haben gegenüber normalen Glühlampen einen erhöhten Einschaltstrom. Die Eignung des Dimmers für solche Leuchtmittel muss hier entsprechend geprüft werden.

Die Tabelle im Anschluss an diesen Abschnitt hilft bei der Auswahl des richtigen Dimmers. Um dem Kunden die richtige Auswahl von Dimmer-Last-Kombinationen zu erleichtern, hat die Industrie eine Kennzeichnung der Geräte entwickelt.

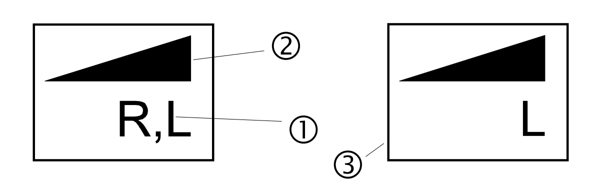


Bild: Dimmer-Last-Kennzeichnung

Vier Buchstaben – R, L, C, Ⓜ – oder deren Kombination teilen die Dimmer in Klassen ein, indem sie ihre Vorzugslast kennzeichnen:

- R für ohmsche Lasten, z. B. Allgebrauchsglühlampen;
- L für überwiegend induktive Lasten, z. B. konventionelle 50/60-Hz-Transformatoren;
- C für überwiegend kapazitive Lasten, z. B. viele elektronische Transformatoren für NV-Halogenglühlampen;
- Ⓜ für Motoren.[1]

Der Keil[2] deutet symbolisch die Möglichkeit der Helligkeits- bzw. Drehzahlsteuerung an.

Transformatoren, die auch diese Symbole tragen, zeigen die Eignung für die entsprechende(n) Dimmerklasse(n) an. Sobald wenigstens ein Buchstabe auf Dimmer und Transformator übereinstimmt, kann die Gerätekombination verwendet werden.

Hinter einem Dimmer dürfen C- und L-Lasten nicht gemischt werden! Gemischte L/C-Lasten kann nämlich selbst ein Universaldimmer nicht bedienen.

Besonderer Sorgfalt bedarf es bei existierenden Installationen. Wenn z. B. ein Universaldimmer mit der Kennzeichnung „R,L,C“ eingebaut ist und bereits R- und C-Lasten installiert sind, dürfen als weitere Lasten nur ohmsche und kapazitive, jedoch keine induktiven Lasten angeschlossen werden.

Leuchtstofflampen werden heute mit dimmbaren elektronischen Vorschaltgeräten (EVG), z. B. mit 1-10-V- oder DALI-Schnittstelle, betrieben und über geeignete Bediengeräte (Elektronische Potentiometer) angesteuert. Da Verwechselungen hier so gut wie ausgeschlossen sind, entfällt hier die Kennzeichnung.

Spezielle Leuchtstofflampendimmer werden nur noch in Ausnahmefällen installiert.

Zur Helligkeitssteuerung von LED-Lampen werden spezielle Steuergeräte eingesetzt, die z. B. über eine 1-10-V-Schnittstelle verfügen und Elektronischen Potentiometer angesteuert werden. Normale Dimmer sind hier fehl am Platz.

[1] Der Kreis entspricht DIN 40900 Teil 6, Symbol 06-04-01.
[2] Symbol 5004 nach IEC 417L.

Dimmer	Leistung	Last								
		Glüh lampe	HV-Halogen lampe	NV-Halogenlampe indukt.	Tronic kap.	Tronic ind.	Leuchtstofflampe KVG	EVG 1-10V	EVG netz-dimmb.	Moto-ren
		R	R	L	C	L	L	1-10 V	L	M
Dimmer mit Drehaus-Schalter										
Glühlampen-Dimmer R	60-400 W	●								
Dimmer mit Druck-Wechselschalter										
Glühlampen-Dimmer R	60-600 W	●								
Glühlampen-Dimmer Softrastung, Federklemmen R	60-600 W	●	●							
NV-Dimmer R,L	20-500 VA	●	●	●						
NV-Dimmer Softrastung, Federklemmen R,L	20-500 VA	●	●	●						
TRONIC-Dimmer R,C	10-315 W	●	●		●					
TRONIC-Dimmer Softrastung, Federklemmen R,C	20-525 W	●	●		●					
Universal-Drehdimmer 360° Softrast., Federklemmen, Nebenstelle R,L,C	50-420 VA	●	●	●	●	●				
Glüh- u. Leuchtstofflamp.-Dimmer R,L	25-1000 VA	●	max. 600 W				●		●	
Elektronisches Potentiometer 1-10 V	6 A / 40 mA							●		
Drehzahlsteller M	0,1...2,3 A									●
Tastdimmer (fernbedienbar)										
NV-Tastdimmer System 2000 R,L	20-500 VA	●	●	●						
Universal-Tastdimmer System 2000 R,L,C	50-420 VA	●	●	●	●	●				
1-10-V-Einsatz System 2000 1-10 V	700 W							●		
Einbau-Dimmer										
TRONIC-Einbaudimmer R,C	50-700 W	●	●		●					
Tast-Steuergerät 1-10 V 1-10 V	10A / 200mA							●		
Leistungszusätze										
NV-Einbau-Leistungszusatz R,L	100-600 VA	●	max. 500 W	●						
TRONIC-Einbau-Leistungszusatz R,C	100-700 W	●	●		●					
Leistungszusatz UP R	25-600 W	●								
Schnurdimmer mit Drehpoti										
Glühlampen-Schnurdimmer R	40-200 W	●								
NV-Schnurdimmer R,L	20-100 VA	●	●	●						
Schnurdimmer mit Schiebepoti										
NV-Schnurdimmer R,L	60-500 W	●	●	●						
Schnurdimmer R	60-300 VA	●								
Schnursteller 1-10 V 1-10 V	1,25A/40mA							●		

1.2 Allgemeine Dimmtechnik

Die von einer Lampe erzeugte Helligkeit ist abhängig von der umgesetzten Leistung

$$P = U \cdot I$$

Im 230-V-Wechselstrom-Netz pulsieren Strom und Spannung sinusförmig mit einer Frequenz von 50 Hz. In der grafischen Darstellung entspricht die Fläche unter der Kurve dabei der Lampenhelligkeit. Um die Helligkeit einer Lampe elektrisch zu steuern, wird der durch die Lampe fließende Strom beeinflusst. Einfachstes Verfahren – bei geringen Leistungen auch so realisiert – ist die Amplitudensteuerung:

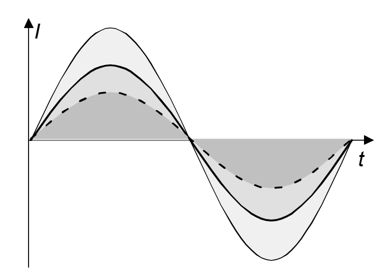


Bild: Prinzip der Amplitudensteuerung

Das Prinzip der Amplitudensteuerung kann über unterschiedliche Wicklungsabgriffe an einem Transformator oder über einen Vorwiderstand im Lastkreis realisiert werden.

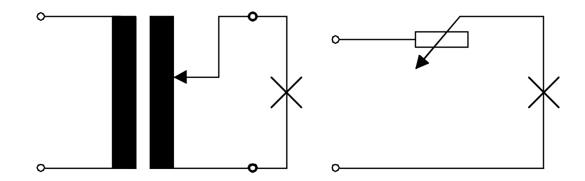


Bild: Beispiele für Amplitudensteuerung

Beide Verfahren werden für die Beleuchtungssteuerung jedoch nicht verwendet, da einerseits die Konstruktion der Transformatoren verhältnismäßig aufwendig ist, andererseits im Vorwiderstand zuviel Leistung in Wärme umgesetzt wird.

In der Praxis werden bevorzugt Wechselstromsteller eingesetzt, die schaltungstechnisch einfach und kostengünstig zu realisieren sind.

1.2.1 Phasenanschnitt

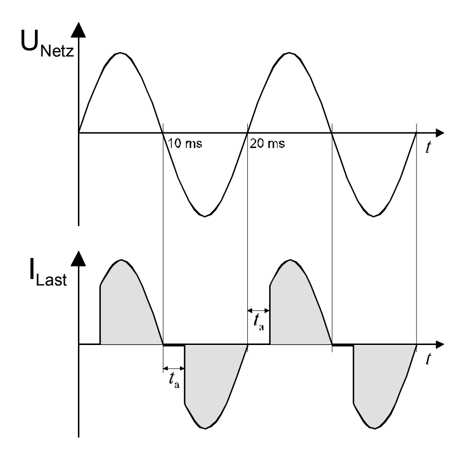


Bild: Dimmen nach dem Phasenanschnittprinzip

Beim Phasenanschnittprinzip sperrt der Dimmer den Stromfluss zur Lampe zu Beginn einer jeden Sinushalbwelle, er ist nichtleitend. Erst nach Ablauf einer durch den Anwender einstellbaren Zeit wird der elektronische Schalter im Dimmer durchgeschaltet und die angeschlossenen Lampen werden bestromt. Mit dem nächsten Sinusnullpunkt wird der Stromfluss gelöscht und die Lampe abgeschaltet. Dieser Vorgang wiederholt sich in jeder Sinushalbwelle, also 100 Mal in der Sekunde. Durch Variieren der Verzögerungszeit t_a lässt sich die Helligkeit der angeschlossenen Leuchtmittel stufenlos einstellen.

1.2.2 Phasenabschnitt

Die Lampen werden im Nulldurchgang der Sinus-Halbwelle eingeschaltet und nach einer durch den Anwender einstellbaren Zeit wieder abgeschaltet. Beim Einschalten können keine Störspannungen entstehen, weil die Spannung den Wert Null besitzt.

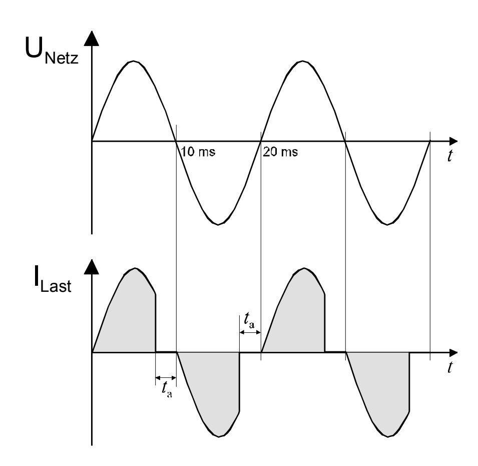


Bild: Dimmen nach dem Phasenabschnittprinzip

1.2.3 Typische Bauteile von Dimmern

Dimmer als elektronische Geräte enthalten naturgemäß elektronische Bauteile. Man unterscheidet zwischen passiven Bauelementen wie Widerstand, Kondensator, Spule, einschließlich hierauf basierenden spezielleren Formen (z. B. Potentiometer, Transformatoren, Relais), und aktiven Bauelementen. Zu den letzteren gehören Dioden aller Art, Fotowiderstände, Elektronenröhren, und fast sämtliche Halbleiter-Bauelemente.

Die Halbleitertechnik basiert auf chemischen Elementen, die eine eingeschränkte Leitfähigkeit besitzen. Die gezielte Verunreinigung mit benachbarten Elementen („Dotieren") und die Kombination verschieden dotierter Schichten beeinflussen die Leitfähigkeit derart, dass man kompakte Bauelemente entwickeln konnte, die das Steuern des elektrischen Stromes ermöglichen. Halbleitende Materialien sind vor allem Silizium und Germanium. Halbleiterbauelemente sind heute NTC und PTC (temperaturabhängige Widerstände), Dioden, Transistoren, Thyristoren, Triac, Varistoren etc.

Die eigentlichen Vorgänge innerhalb der elektronischen Bauteile finden auf sehr kleinem Raum statt. Neue und genauere Fertigungstechnologien erlauben, immer kleinere Bauelemente zu bauen und einzusetzen. SMD-Bauteile („*s*urface-*m*ounted *d*evices" = Oberflächen-montierte Bauteile) verzichten auf „Beinchen" zum Einlöten, sondern werden auf die Platine aufgeklebt und an den vorgesehenen Anschlussstellen angelötet. Mit den Mitteln der Mikroelektronik werden komplexe Schaltungen in ein Bauelement (IC = „*i*ntegrated *c*ircuit", engl. „integrierter Schaltkreis") integriert. Dies betrifft nicht nur digitale Bausteine wie Mikroprozessoren, sondern auch z. B. Verstärker-ICs für Audio-Zwecke, Temperatur-, Magnetfeld- oder andere Sensoren etc. Für spezielle Anwendungen – z. B. Steuerelektroniken für Dimmer – kommen sogenannte ASICs („*a*pplication *s*pecific *i*ntegrated *c*ircuit" = „anwendungsspezifische IC") zum Einsatz.

Die folgenden Kapitel erläutern die Funktion der wesentlichen – in Dimmern eingesetzten – elektronischen Bauelemente.

1.2.3.1 Diode

Das einfachste Halbleiterbauelement ist die Diode. Die Anschlüsse werden mit „Anode" („+") und „Kathode" („–") bezeichnet.

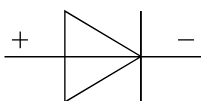


Bild: Schaltsymbol Diode

Die Pfeilrichtung des Schaltsymbols deutet an, dass sie den Strom nur in einer Richtung durchlässt. Korrekter gesagt: Für einen Strom in Pfeilrichtung ist die Diode niederohmig (Spannungsfall bei Nennstrom ca. 0,7 Volt); für einen Strom entgegen der Pfeilrichtung ist sie hochohmig. Es fließt ein geringer „Sperrstrom" (Größenordnung: einige nA bis µA), welcher temperatur- und spannungsabhängig ist.

Zur gedanklichen Vereinfachung sind im – physikalisch nicht ganz exakten – Ersatzschaltbild der Diode die komplexen, nichtlinearen Vorgänge in der Diode, die den Strom in Sperr- und Durchlassrichtung beeinflussen, als ohmsche Widerstände dargestellt:

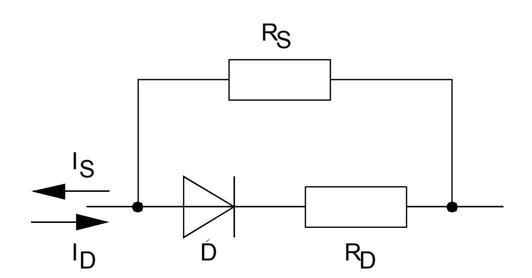


Bild: Ersatzschaltbild Diode

Zur „idealen Diode" D (Durchlasswiderstand 0, Sperrwiderstand ∞) kommt der Durchlasswiderstand R_D einer wirklichen Halbleiterdiode und ihr Sperrwiderstand R_S. Durch R_S fließt ein Sperrstrom I_S. In Durchlassrichtung fließt durch R_D der Strom I_D. Bei einem Spannungsfall an R_D von 1 V entsteht an der Diode bei einem Durchlassstrom von 1 A eine Leistung von 1 Watt, die vollständig in Wärme umgesetzt wird. R_D ist im wesentlichen für die Verluste und damit für die Erwärmung verantwortlich.

1.2.3.2 Thyristor

Ein Thyristor ist eine „steuerbare Diode“. Außer dem Anodenanschluss A und dem Kathodenanschluss K verfügt der Thyristor noch über einen Gateanschluss G.

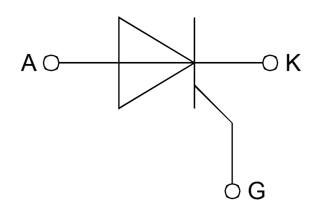


Bild: Schaltsymbol Thyristor

In Sperrrichtung („+“-Pol an Kathode) verhält sich der Thyristor wie eine gewöhnliche Diode und es fließt nur ein kleiner Sperrstrom.

In Durchlassrichtung gibt es zwei Zustände: Zunächst ist der Thyristor auch in dieser Richtung gesperrt. Erst wenn man einen Strom in den Gateanschluss fließen lässt, wird der Thyristor in Durchlassrichtung niederohmig. Er verhält sich dann auch für diese Stromrichtung wie eine gewöhnliche Diode (einschließlich Durchlassverlusten, Erwärmung usw.).

Der einmal durch einen kurzen Gatestromimpuls „gezündete“ (= in den niederohmigen Zustand geschaltete) Thyristor bleibt solange durchgeschaltet (= niederohmig), wie ein Durchlassstrom fließt. Ein Thyristor kann also über den Gatestrom eingeschaltet, aber nicht wieder abgeschaltet werden.

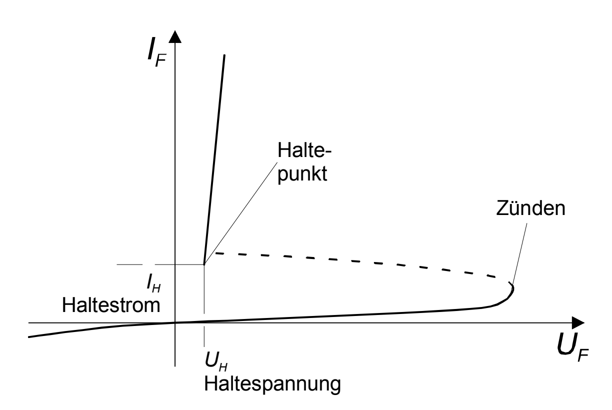


Bild: Typische Kennlinie eines Thyristors

Ein Thyristor kann Strom grundsätzlich nur in einer Richtung durchlassen. Man kann sich den Thyristor deshalb als Relais in Selbsthalteschaltung in Reihe mit einer Diode vorstellen:

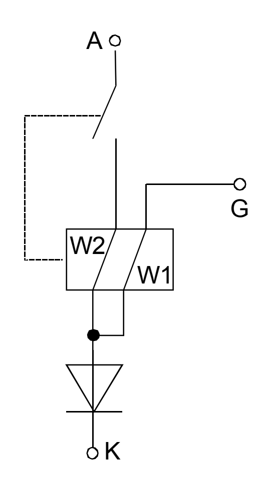


Bild: Thyristor-Funktion, Nachbildung

Führt die Anode i. Vgl. zur Kathode positives Potential, fließt noch kein Strom, weil der Schalter S noch geöffnet ist. Ein kurzer Stromstoß in das Gate, der durch die Relaiswicklung w1 fließt, lässt das Relais anziehen. Der Schalter schließt, der „Laststrom“ fließt nun durch die Wicklung w2, wodurch das Relais auch weiterhin angezogen bleibt, auch wenn der Gatestrom durch w1 jetzt unterbrochen wird. Erst wenn der Strom durch w2 zu klein wird, um das Relais noch zu halten („Haltestrom“), öffnet der Schalter S wieder.

Thyristoren werden überwiegend für steuerbare Gleichrichterschaltungen in Wechselstromnetzen eingesetzt:

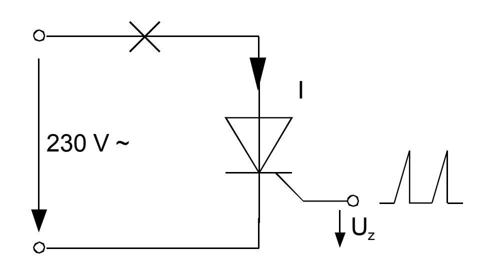


Bild: Thyristor am Netz

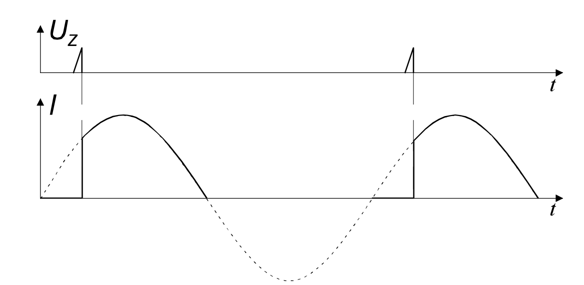


Bild: Stromverlauf durch einen Thyristor mit Phasenanschnitt

Solange am Gate keine Stromimpulse liegen, ist der Thyristor für beide Stromrichtungen gesperrt. Es fließt also lediglich ein kleiner Sperrstrom durch die Glühlampenlast, der vernachlässigbar ist. Wenn man aber während der positiven Halbwelle einen kurzen Stromimpuls auf das Gate

gibt, wird der Thyristor gezündet und ein Laststrom I kann fließen. Am Ende der positiven Halbwelle wird die Netzspannung zu Null und damit auch der Strom I. Wird der Haltestrom unterschritten (z. B. 10 mA), schaltet der Thyristor selbsttätig wieder in den Sperrzustand. Um bei der nächsten positiven Halbwelle wieder Laststrom fließen zu lassen, ist ein erneutes Zünden, das heißt ein neuer Gatestrom-Zündimpuls, erforderlich.

1.2.3.3 Triac

Wechselströme (in beiden Richtungen) kann man mit Thyristoren nur dadurch schalten, dass man für jede Stromrichtung einen eigenen Thyristor vorsieht:

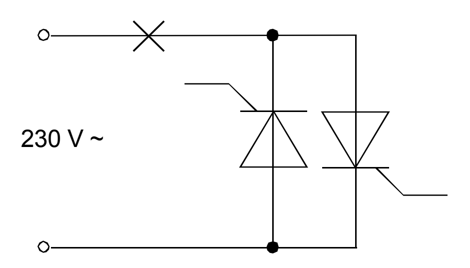


Bild: Antiparallelschaltung von Thyristoren

Hierfür würde ein Impulssteuergerät mit zwei Ausgängen benötigt. Wegen des verhältnismäßig hohen Aufwandes wird diese Schaltung nur in größeren Stromrichtern eingesetzt; zum Schalten kleiner Leistungen (bis einige kW) verwendet man sogenannte Triac. Die Bezeichnung entsteht durch die Kombination der Worte „*Tri*ode“ und „*a*lternating *c*urrent“ (= AC; Wechselstrom).

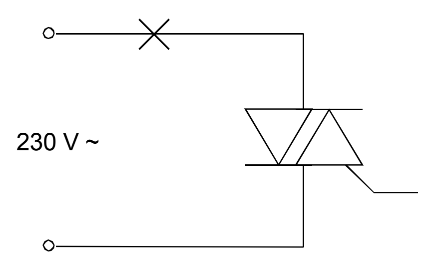


Bild: Schaltsymbol Triac

Ein Triac besteht im Prinzip aus zwei antiparallelgeschalteten Thyristoren, allerdings nur mit einem Gate. Auch der Triac wird durch einen Stromimpuls am Gate (jetzt allerdings beliebiger Polarität) gezündet und schaltet selbsttätig wieder ab, wenn der Laststrom den Haltestromwert unterschreitet.

Das Ersatzschaltbild unterscheidet sich von dem des Thyristors lediglich dadurch, dass die Diode entfällt. Da es sich prinzipiell beim Triac auch um geschaltete Halbleiterdioden handelt, findet sich im Ersatzschaltbild auch ein Sperrwiderstand R_S und ein Durchlasswiderstand R_D (stark vereinfachend als ohmsche Widerstände dargestellt). Der Triac ist also kein „idealer“ Schalter. Von einem solchen müsste man fordern: $R_D = 0$ (damit bei geschlossenem Schalter kein Spannungsfall und keine Erwärmung auftritt) und $R_S = \infty$ (damit bei geöffnetem Schalter wirklich überhaupt kein Strom mehr fließt).

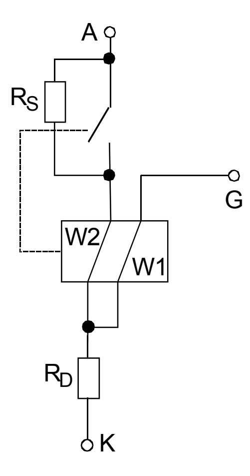


Bild: Triac-Funktion Nachbildung

Auch herkömmliche mechanische Schalter sind nicht in diesem Sinne „ideal“. Allerdings ist deren Sperrstrom bei geöffnetem Schalter und der Spannungsfall bei geschlossenem Schalter um mehrere Größenordnungen kleiner als beim Triac. Dafür arbeitet der Triac schneller als jedes elektromechanische Bauteil und vor allem praktisch verschleißfrei. Nur dadurch sind Phasenanschnitt-Steuerungen (Dimmer) möglich, bei denen der Laststrom 100 mal pro Sekunde an- und abgeschaltet werden muss, was mit mechanischen Schaltern nahezu unmöglich ist.

Dem Triac-Ersatzschaltbild kann man eine weitere typische Triac-Eigenschaft entnehmen, die ihn von mechanischen Schaltern unterscheidet: Wenn die Spannung zwischen den Anschlüssen A und K zu groß wird, reicht der Sperrstrom durch R_S aus, das „Relais“ anziehen zu lassen. Der Triac schaltet dann auch ohne Zündung über das Gate durch. Da der Triac beim folgenden Strom-Nulldurchgang wieder sperrt, fließt bei solchen ungewollten Zündungen also höchstens für die Dauer einer Netzspannungshalbwelle Strom durch die angeschlossene Last. Bei Glühlampenlasten können sich solche Überspannungsspitzen im Netz, die zum Beispiel durch das Schalten von induktiven Verbrauchern auftreten, durch ein kurzes „Aufblitzen“ der Lampen bemerkbar machen.

1.2.3.4 Diac

Ein Diac ist vereinfacht ein Triac ohne Gate-Anschluss. Es können also keine Zündimpulse in das Bauelement eingekoppelt werden, und es fließt nur ein geringer Sperrstrom. Ab einer bestimmten Spannung reicht der Sperrstrom aus, das „Relais“ im Ersatzbild anziehen zu lassen, und der Diac schaltet durch. Die Bezeichnung entsteht durch die Kombination der Worte „*Di*ode“ und „*a*lternating *c*urrent“ (= AC; Wechselstrom).

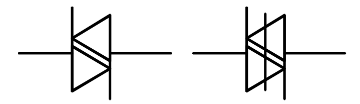


Bild: Schaltsymbole Diac

Diac werden vorwiegend in Triggerschaltungen verwendet; daher auch die Bezeichnung „Triggerdiode". Triggerschaltungen sind Impulsauslöser, bei denen die Auslösung vom Erreichen einer Mindestspannung abhängt. So werden Diac auch genutzt, im Stromimpulse zum Zünden von Triac zu erzeugen:

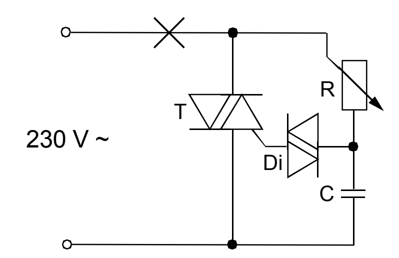


Bild: Triac-Zündung mit Diac (Triggerdiode)

Nach jedem Nulldurchgang lädt sich der Kondensator zunächst im Verlauf der Netzspannungshalbwelle auf. Sobald die erforderliche Diac-Durchbruchspannung erreicht ist, wird der Diac schlagartig niederohmig und der Kondensator gibt seine Ladung mit einem Stromimpuls an das Gate des Triac ab. Der Triac zündet und bleibt bis zum nächsten Nulldurchgang leitend. In der darauf folgenden entgegengesetzten Netzspannungshalbwelle wiederholt sich dieser Vorgang.

Durch Verstellung des Widerstandswertes R lässt sich der Zeitpunkt, wann der Kondensator die Gate-Zündspannung erreicht, variieren.

Diese Schaltung ist schon die Basisschaltung eines einfachen Phasenanschnitt-Dimmers.

1.2.3.5 MOSFET

Für Phasenabschnittsteuerungen sind Triac nicht geeignet, da der Stromfluss hier nicht erst im Nulldurchgang ausgeschaltet werden soll, sondern vorzeitig. Triac hingegen können nach Zünden des Stromflusses nicht ausgeschaltet werden, sondern verlöschen erst bei Unterschreiten des Haltestroms. Steuerelemente für den Phasenabschnitt müssen unabhängig vom derzeitigen Stromfluss ausschalten können.

In Phasenabschnitt- und in Universaldimmern werden darum MOSFET verwendet. Es handelt sich um eine Bauart der *F*eldeffekt-*T*ransistoren (FET). Die Bezeichnung MOSFET steht für „Metall-Oxid-Semiconduktor-FET“.

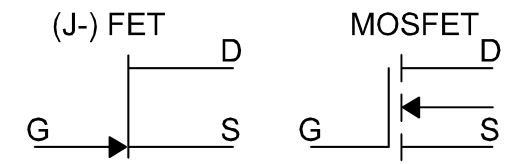


Bild: Schaltsymbol FET und MOSFET

Feldeffekt-Transistoren besitzen drei Anschlüsse: Zwischen S („source“, engl. „Quelle“) und D („drain“, engl. „Abfluss“) kann ein verhältnismäßig hoher Strom fließen. Durch Anlegen einer Spannung zwischen Steuerelektrode G („gate“, engl. „Tor) und S kann dieser Stromfluss gesteuert bzw. sogar gesperrt werden. Der Widerstand der Strecke G-S ist verhältnismäßig hoch und beträgt bei MOSFET einige GΩ. Zur Steuerung wird also keine Leistung verbraucht.

Bei MOSFET ist häufig ein vierter Anschluss B, das „Substrat“ (engl. „Bulk“) vorhanden. Diese Elektrode hat eine ähnlich steuernde Wirkung wie das Gate. Sie wird jedoch i. a. nicht benutzt und mit dem S-Anschluss verbunden. Im Gegensatz zu J-FET („junction“ = „Sperrschicht-FET“) sind MOSFET selbstsperrend, d. h. es fließt erst ein Strom, wenn eine Spannung zwischen G und S anliegt.

1.2.4 Sicherungen

Sicherungen sollen den Dimmer, speziell den Triac, vor zu hohen Strömen schützen.

Da Triac – wie alle anderen Halbleiterbauelemente auch – einen nicht vernachlässigbaren Durchlasswiderstand R_D besitzen (vergl. Kap. „Triac“), erwärmen sie sich beim Stromdurchgang. Aufgrund der geringen Abmessungen ist die Wärmekapazität sehr gering und die Erwärmung erfolgt sehr rasch. Bei Überschreiten einer bestimmten „Grenztemperatur“

wird das Bauelement zerstört (bei Silizium-Halbleitern ca. 180°C, bei Bauelementen in Plastikgehäusen meist 90...100°C Gehäusetemperatur). Die Halbleiter werden vom Gerätehersteller so ausgewählt, dass diese Grenztemperatur bei der Belastung, für die das Gerät ausgelegt wird, nicht erreicht wird. Bei Überlastung oder extrem hohen Umgebungstemperaturen ist aber eine Zerstörung durch Überhitzung nicht auszuschließen.

Eine ungewollte, extrem hohe Überlastung ergibt sich häufig beim Durchbrennen des Glühfadens einer Glühlampe: Beim Fadenbruch entsteht an der Unterbrechungsstelle (230 V an wenigen $^1/_{10}$ mm) eine hohe elektrische Feldstärke, die das Füllgas der Lampe ionisiert. Innerhalb der Lampe entsteht dann erst ein Funke und anschließend ein Lichtbogen, der praktisch einen Kurzschluss bildet. Der Strom durch die Lampe und einen vorgeschalteten Triac steigt dadurch schlagartig auf extrem hohe Werte. Das Halbleitermaterial des Triac erhitzt sich dabei lokal in sogenannten „Hotspots“ auf Temperaturen weit über den erlaubten Grenzwert hinaus, ehe ein normales Sicherungselement (z. B. Leitungsschutz-schalter) überhaupt anspricht und den Kurzschlussstrom abschaltet.

Um den Triac vor der Zerstörung zu bewahren, wird ihm eine Sicherung vorgeschaltet, die im Kurzschlussfall eher anspricht als die Triac-temperatur ihren Grenzwert überschreitet.

Andererseits muss die Sicherung so ausgelegt sein, dass sie kurzzeitigen Überlastungen beim Einschalten des Lichtes standhält. Wegen des geringen Kaltwiderstandes von Glühlampenfäden entstehen Einschaltströme bis zum zehnfachen Nennstrom, die aber der Triac ohne Schaden übersteht.

Schließlich muss die Sicherung nicht nur unterschiedliche Kurzzeit-Überlastungen unterscheiden können, sondern sich auch bei Dauerüberlastungen richtig verhalten. Der Triac würde zu heiß, wenn an einen Dimmer so viele Glühlampen angeschlossen sind, dass deren Gesamtleistung die Dimmernennleistung übersteigt. Die Sicherung muss deshalb schon bei nur geringen Dauerüberlastungen früh genug abschalten.

Für Dimmer werden Geräteschutzsicherungen (Feinsicherungen nach VDE 0820) eingesetzt. Diese bestehen aus einem röhrenförmigen Schmelzeinsatz (∅ 5 mm, l=20 mm).

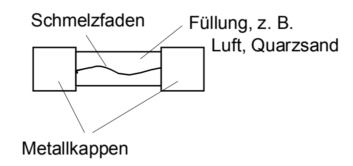


Bild: Feinsicherung nach VDE 0820

Entscheidend für die Zerstörung von Bauteilen ist nicht der Strom, sondern die zugeführte Energie. Diese wird als Strom-Zeit-Verhalten angegeben (I^2t-Kennwert). In jedem Fall muss eine Sicherung schneller ansprechen als der Triac, das I^2t-Produkt muss kleiner sein.

Kenngrößen für Geräteschutzsicherungen sind Nennstrom und Nennspannung, Abschaltverhalten und Abschalt-vermögen. Das Abschaltverhalten ist durch Kennlinien festgelegt und unterscheidet flinke, mittelträge und träge Sicherungen. Beim 10-fachen Nennstrom schalten ab:

- flinke Sicherungen in weniger als 20 ms,
- mittelträge Sicherungen zwischen 5 ms und 90 ms,
- träge Sicherungen zwischen 10 ms und 300 ms.

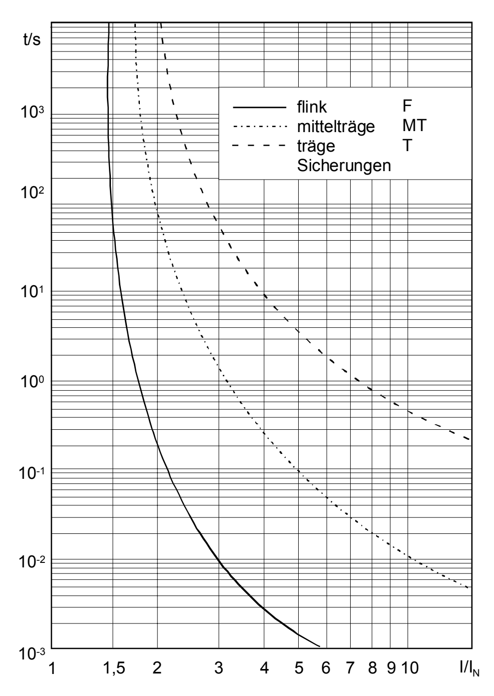


Bild: Sicherungen – Kennlinien

Das Abschaltvermögen bezeichnet die Stromstärke, bei der die Sicherung sicher abschaltet, ohne dass der Sicherungs-körper zerstört wird. Normgemäß dürfen Hersteller für Dimmer nur noch Sicherungen mit „großem Abschaltvermögen“ (1500 A, Kennzeichnung „H“) oder „kleinem Abschaltvermögen“ (35 A, Kennzeichnung „L“) vorsehen.

Die unterschiedlichen Anforderungen können nur gleichzeitig von einer Sicherung mit exakt definierten Kennwerten, die in ihrem Zeitverhalten dem jeweiligen Dimmer- oder Schaltertyp genau angepasst sind, erfüllt werden.

Beispiel: T 2 / 250 H.

Dabei bedeutet:

T	= träge Sicherung
2	= 2 A Nennstrom
250	= 250 V Spannung
H	= großes Abschaltvermögen 1500 A

Beim Sicherungswechsel sind immer alle vier Kennwerte zu beachten; nur die Angabe des zulässigen Stromwertes ist nicht ausreichend. Bei Nichtbeachten kann der Dimmer zerstört werden, oder es kann sogar Brand entstehen.

Sicherungen dürfen nur durch Sicherungen mit gleichen Werten ersetzt werden!

1.2.5 Maßnahmen zur Funkentstörung

Jeder von der reinen Sinuslinie abweichende Strom- oder Spannungsverlauf enthält Strom- oder Spannungskomponenten höherer Frequenzen. Je steiler die Verläufe sind, umso höher sind die obersten Frequenzen, die in ihnen noch vorhanden sind. Wenn ein mechanischer Schalter geschlossen wird, steigt der Strom schlagartig, das heißt, mit sehr hoher Steilheit von null auf seinen Nennwert. Dadurch ist ein „Schaltknacken“ noch im UKW-Empfänger (ca. 100 MHz) zu hören. Das einmalige Störgeräusch wird als wenig lästig empfunden. Deshalb verzichtet man bei mechanischen Schaltern auf eine Funkentstörung.

Halbleiterbauelemente wie zum Beispiel Triac erzeugen nicht so steile Strom- und Spannungsanstiege wie mechanische Schalter; die von ihnen erzeugten Störungen reichen deshalb im Allgemeinen nicht bis in den UKW-Bereich. Andererseits müssen Triac aber in jeder Stromhalbwelle neu gezündet werden. Im Gegensatz zum mechanischen Schalter, der beim Einschalten nur eine einmalige, allerdings sehr intensive Störung bis hin zu sehr hohen Frequenzen erzeugt, schaltet der Triac im 50-Hz-Netz 100 mal in der Sekunde ein und aus und erzeugt damit nicht einen Stör-„Knack“, sondern ein kontinuierliches Störgeräusch, das den Rundfunkempfang außerordentlich stört und dessen weitgehende Unterdrückung deshalb gesetzlich vorgeschrieben ist.

Jede Schwingung lässt sich in eine sinusförmige Grundschwingung und in – ebenfalls sinusförmige – Oberschwingungen zerlegen. Die Frequenzen der Oberschwingungen sind hierbei ganzzahlige Vielfache der Grundfrequenz. Das Beispiel eines einfachen Rechteckimpulses zeigt dieses bis zur sechsten Oberschwingung. Der Oberschwingungsgehalt des dargestellten Rechteckimpulses reicht dabei bis weit in den kHz-Bereich hinein. Gleiches gilt selbstverständlich für den Stromverlauf durch Dimmer, wo die Sinusform durch den Phasenan- bzw. –abschnitt entsprechend verzerrt wird.

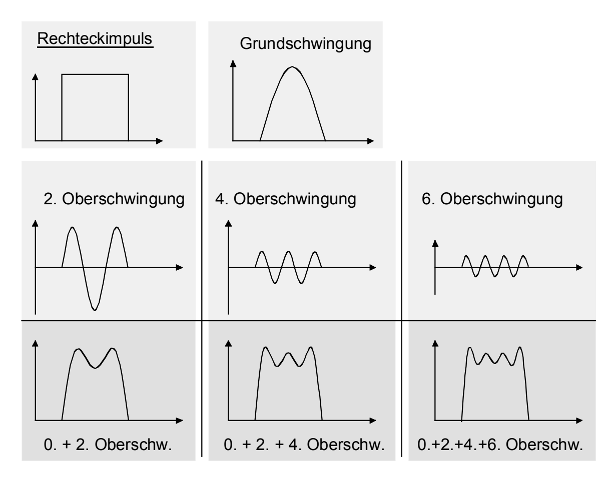


Bild: Oberschwingungsgehalt eines Rechteckimpulses mit steilen Schaltflanken

In Europäischen und internationalen Normungsgremien werden einheitliche Vorschriften erarbeitet, die Funkstörungen in **allen** Frequenzbereichen reglementieren.

Für Haushaltgeräte, unter die auch Dimmer fallen, regelt die Norm DIN VDE 0875 Teil 14 (entspricht EN 55014) das Funkstörverhalten. Da die niedrigsten Rundfunkfrequenzen bei 150 kHz liegen, sind für Haushaltgeräte Grenzwerte für zulässige Störspannungen auch nur für Frequenzen von 150 kHz und darüber angegeben. Man unterscheidet drei Funkstörgrade: G, N, K (Grob-, Normal-, Kleinstörgrad). Für Geräte der Hausinstallationstechnik wird im Allgemeinen die Einhaltung von Funkstörgrad N vorgeschrieben, der auf den Netzleitungen im Bereich von 150 kHz bis 500 kHz eine maximale Störspannung von 2 mV zulässt, für darüber liegende Frequenzen noch 1 mV. Bei den Spannungsangaben handelt es sich um Messwerte, die nur von speziellen Störspannungs-Messempfängern angezeigt werden können.

Die Störspannungswerte werden häufig als Vielfache von 1 µV in dB angegeben (1 mV entspricht dann 60 dB, 2 mV entsprechen 66 dB).

Wesentliche Maßnahme zur Störspannungsunterdrückung ist die Serienschaltung einer Drossel (Induktivität) in den Stromkreis, da sie die Stromanstiegssteilheit vermindert und damit die Ursache der Erzeugung hoher Störfrequenzen unterdrückt. Im Beispiel eines triacgeschalteten Lampenstromkreises bildet die Drossel D zusammen mit einem Entstörkondensator C einen umso wirkungsvolleren Spannungsteiler, je höher die Frequenzen werden.

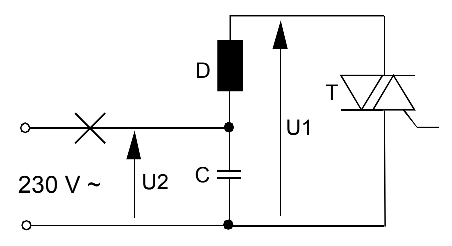


Bild: Unterdrückung von Funkstörungen

Der Widerstand einer Spule wächst mit zunehmender Frequenz. Der Widerstand eines Kondensators nimmt mit zunehmender Frequenz ab. Für die im Triac erzeugte Hochfrequenz-Störspannung U_1 (ca. 1 V bei 150 kHz) stellt D also einen großen, C dagegen einen kleinen Widerstand dar. Näherungsweise wird deshalb die Störspannung U_1, diesem Widerstandsverhältnis entsprechend, auf U_2 heruntergestellt.

Die Bauelemente D und C werden nun so gewählt, dass U_2 unter allen Betriebszuständen unterhalb der zugelassenen Störspannungsgrenze liegt.

Diese einfache Schaltung zur Störspannungsverminderung bringt aber eine Fülle von Schwierigkeiten mit sich, die sich bis heute technisch nur sehr unbefriedigend lösen lassen. Wie im Bild zu erkennen ist, wird die Drossel vom Laststrom durchflossen. Dadurch ergeben sich Verluste im Eisenkern der Spule und im Kupferdraht ihrer Wicklung. Diese Verluste stellen eine unerwünschte zusätzliche Wärmequelle dar, deren Leistung in der Regel sogar größer ist, als die Verlustleistung des Triac selbst. Da die obere Leistungsgrenze von elektronischen Installationsgeräten aber ausschließlich durch die Temperatur der Bauelemente bestimmt wird, ist jede zusätzliche Wärmequelle unerwünscht, da sie die Anschlussleistung des Gerätes herabsetzt.

Ein weiterer unerwünschter Effekt der Funkentstörbauelemente ist die Erhöhung des „Leckstromes“. Da der Entstörkondensator C parallel zum Triac liegt, fließt auch bei abgeschaltetem Triac durch die Last – neben dem Triac-Sperrstrom (einige µA) – ein Strom, der bei den normalerweise verwendeten Entstörkondensatoren typischerweise bei ca. 10 mA liegt.

Eine weitere Schwierigkeit ergibt sich dadurch, dass bei eingeschaltetem Triac der Kondensator C zusammen mit der Induktivität D einen sogenannten Parallelschwingkreis bildet:

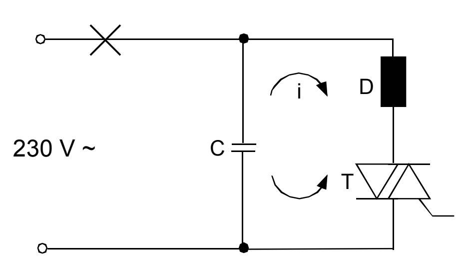


Bild: Parallelschwingkreis

In einem Parallelschwingkreis fließt ein Wechselstrom i mit einer Frequenz, die nur von C und D abhängt und die bei den Entstörbauelementen wesentlich über der Netzfrequenz liegt. Wenn dieser – im Bild mit i bezeichnete – Wechselstrom „durch null geht“, das heißt seine Richtung umkehrt, sperrt der Triac automatisch (vergl. Kapitel „Triac“). Wenn der Triac beispielsweise zu Beginn einer Netzhalbwelle gezündet wird, so wird er nicht erst – wie erwünscht und erwartet – am Ende dieser Netzspannungshalbwelle, sondern fast unmittelbar nach der Zündung wieder sperren, nämlich nach einer Halbwelle der wesentlich höheren Frequenz, mit der der Schwingkreis arbeitet.

Parallel zum Schwingkreis C-D liegt als Dämpfung nur die Last L. Der hochfrequente Wechselstrom i fließt nicht nur zwischen Drossel und Kondensator, sondern auch durch die „ohmsche Last“ L, wo die Energie in „Stromwärme“ umgewandelt und dadurch dem Schwingkreis entzogen wird. Wenn L so niederohmig ist, dass die Amplitude von i kleiner wird als der jeweilige Augenblickwert des netzfrequenten Laststromes, dann gibt es keinen vorzeitigen Stromnulldurchgang im Triac mehr und die Schaltung arbeitet einwandfrei.

Um sicherzustellen, dass die Last L hinreichend niederohmig ist, wird bei Geräten mit Phasenanschnittsteuerung, welche stets Funkentstörbauelemente enthalten, neben der maximalen Belastbarkeit auch auf die erforderliche Mindestbelastung hingewiesen.

Wichtig ist, dass die hierdurch erwünschte Schwingkreisbedämpfung nur mit ohmschen Lasten erzielt werden kann. Glühlampen und auch direkt am Netz betriebene Halogenlampen bilden ohmsche Lasten. Deshalb braucht bei Glühlampendimmern lediglich beachtet zu werden, dass die vorgeschriebene Mindestbelastung nicht unterschritten wird.

Bei Leuchtstofflampen, die in Verbindung mit Vorschaltgeräten keine reinen ohmschen Lasten darstellen, benötigen Leuchtstofflampen-Dimmer stets eine zusätzliche „Ohmsche Grundlast“, die dem Lastkreis parallel zu schalten ist.

Neben diesen, mehr den Gerätekonstrukteur und den Installateur betreffenden Schwierigkeiten bedingt die Funkentstördrossel ein spezielles Ärgernis für den Anwender in Form eines störenden Brummens, ausgelöst durch die 100-Hz-Grundschwingung und die durch den Phasenanschnitt erzeugten Oberwellen.

Dieses Brummen ist auch von Transformatoren oder anderen induktiven Bauteilen mit Eisenkern bekannt. Es beruht auf der Magnetostriktion des Kernmaterials, das heißt, der Drosselkern verformt sich geringfügig unter Einfluss des Magnetfeldes. Dieses Magnetfeld wird aber durch den Laststrom im 100-Hz-Takt verändert, und damit schwingt auch der Kern mit dieser Frequenz, was sich durch eine lästige akustische Störung äußert. Es gibt Drosselkerne, die geringere Magnetostriktion aufweisen, sogenannte „Massekerne“, die deshalb also leiser sind, dafür aber eine Reihe anderer ungünstiger Eigenschaften mitbringen (zum Beispiel muss die „ohmsche Grundlast“ wegen der geringen Eigendämpfung dieser Kerne etwa 20 % der Maximallast betragen), sodass sie sich nicht universell einsetzen lassen.

Das Frequenzspektrum von Phasenanschnittsteuerungen reicht von der Netzfrequenz (50 Hz) bis weit in den Rundfunk-Kurzwellenbereich. Die Funkentstörbauelemente haben auf Frequenzen unter 100 kHz praktisch keinen Einfluss mehr, wie folgendes Bild grob schematisch zeigt:

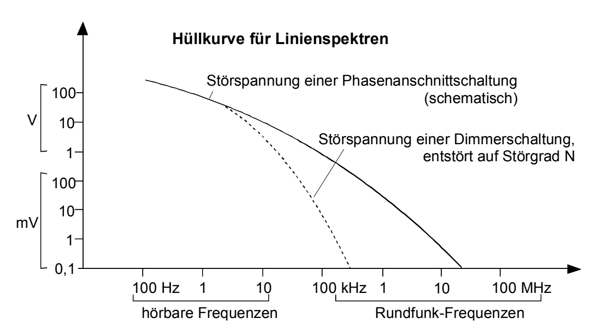


Bild: Störspannungspegel

Das heißt auch, dass Störungen, die auf Niederfrequenzleitungen vor allem mit hörbaren Frequenzen einwirken (Telefonleitungen, Mikrofon-, Tonabnehmer-, Tonbandgeräte-, Lautsprecher-, NF-Messleitungen usw.) einwirken können, sind trotz der Funkentstörung fast unvermindert vorhanden. Diese niederfrequenten Störungen können nur durch geeignete Installation vermieden werden.

1.2.6 Installationsaspekte

NF-Entstörmaßnahmen

Wegen der Funkentstörung sind alle bekannten Niederfrequenz-Entstörmaßnahmen bei der Installation von Dimmgeräten besonders zu beachten:

- Keine Ringleitungen installieren!
- Keine störempfindlichen Leitungen parallel zu Leitungen führen, die im Phasenanschnitt arbeiten!
- Nach Möglichkeit störempfindliche Geräte und solche, die im Phasenanschnitt arbeiten, an verschiedene Außenleiter legen!
- Keine störempfindlichen Anlagen in unmittelbarer Nähe von Phasenanschnittgeräten einbauen!
- Störempfindliche Leitungen möglichst abschirmen und Abschirmung erden (auf Brummschleifen achten!)!

Anschlusssymbole

Die Anschlusssymbole für elektronische Installationsgeräte sind nach DIN VDE 0632 Teil 501 genormt. Folgende Tabelle zeigt eine Übersicht.

Symbol	Bedeutung
↑ oder L	**Einweisender** Pfeil zeigt in Richtung des elektronischen Gerätes. Dieser Anschluss ist mit der Phase, z. B. L1 zu verbinden
↓ gelegentlich auch	**Ausweisender** Pfeil zeigt in Richtung Last Alternativ darf für diesen Anschluss auch das Symbol der sog. „gedimmten Phase“ verwendet werden. In beiden Fällen ist dieser Anschluss mit der Lampenleitung zu verbinden.
N	Dieser Anschluss ist mit dem Neutralleiter zu verbinden.
∞	Dieses Symbol kennzeichnet den Anschluss des Heiztransformators für Leuchtstofflampen
Weitere Symbole, die jedoch nicht nach VDE 0632 Teil 501 definiert sind:	
1, 2	In der Regel für Nebenstellenanschlüsse verwendet. Die spezielle Bedeutung sollte stets der Bedienungs- bzw. Montageanleitung entnommen werden.

Tabelle: Anschlusssymbole für Elektronische Installationsgeräte nach VDE 0632 Teil 502

1.2.7 Leistungsreduzierung

Jeder elektrische Strom bewirkt Wärmeentwicklung. Ist dies bei manchen Anwendungen durchaus gewünscht (z. B. Kaffeemaschine), so ist es doch bei allen anderen Fällen eine lästige Begleiterscheinung, die bei der Entwicklung elektrischer Geräte unbedingt berücksichtigt werden muss.

Bei Dimmern und elektronischen Schaltern muss besonders auf die Belastbarkeit geachtet werden, weil Halbleiterschalter (Triac oder MOSFET) eine höhere Verlustleistung entwickeln als Relais. Damit durch die entstehende Wärme keine Schäden entstehen (Brandgefahr!), muss die entstehende Verlustleistung abgeführt werden. Hierzu müssen folgende Rahmenbedingungen betrachtet werden:

- Ausreichendes Temperaturgefälle zwischen Gerät und Umgebung (ist gegeben, wenn die Umgebungstemperatur max. 25°C beträgt);
- Wärmekapazität der Umgebung.

Ist die Wärmeabfuhr behindert, so ist die Nennlast zu reduzieren:

- Wenn die Umgebungstemperatur 25°C überschreitet: 10% pro 5°C Überschreitung der Umgebungstemperatur 25°C.

  Bsp.: Umgebungstemperatur 40°C

  40°C – 25°C = 15°C

  → Dimmer darf nur mit 70% der angegebenen Nennleistung belastet werden. Bei einem 500-W-Dimmer sind dies 350 W.

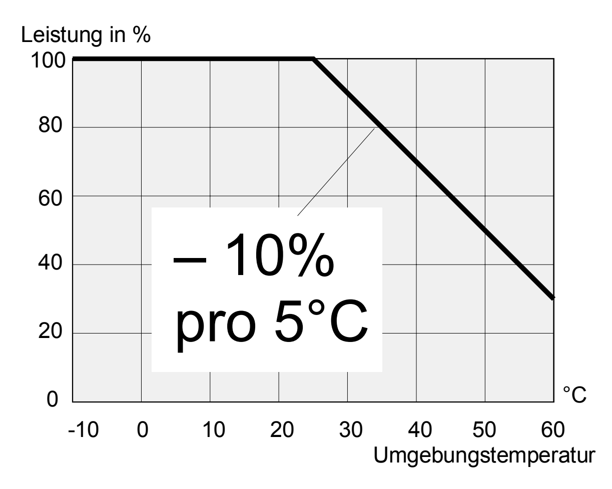


Bild: Leistungsreduzierung bei erhöhter Umgebungstemperatur

- Bei Einbau in Hohl-, Rigips- oder Holzwand (auch Möbeleinbau!): → Reduzierung der Nennleistung um 15%

  Bsp.: Ein 500-W-Dimmer darf beim Einbau in eine Schrankwand oder in eine Hohlwand nur mit max. 425 W belastet werden.

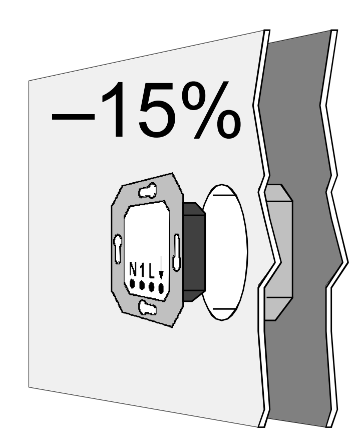


Bild: Leistungsreduzierung bei Hohlwandeinbau

- Wenn mehrere Dimmer neben- oder übereinander in eine Mehrfachkombination eingebaut werden, reduziert sich die Nennleistung für die äußeren Geräte um 10%, für die inneren Geräte um 20%.

  Beim 500-W-Dimmer bedeutet dies:

  Einbau außen: Nennleistung max. 450 W,

  Einbau innen: Nennleistung max. 400 W.

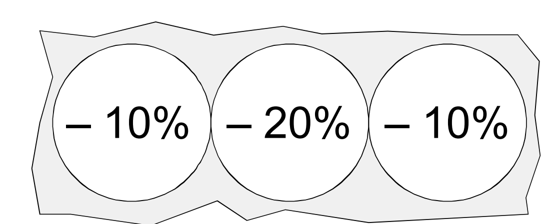


Bild: Leistungsreduzierung bei Mehrfachkominationen

Treffen in einer Installation mehrere dieser Bedingungen zusammen, so ist die Nennleistung entsprechend weiter zu reduzieren.

1.2.8 Isolationsmessungen

Bei elektronischen Installationsgeräten liegen Halbleiterbauelemente im Lastkreis, das heißt in Reihe mit der Last an der Netzspannung. Der Sperrwiderstand dieser Bauelemente ist nicht unendlich hoch, wie es bei mechanischen Schaltern der Fall ist.

Bei Geräten, die keinen zusätzlichen mechanischen Schalter besitzen, kann durch den Sperrstrom durch diese Halbleiterbauelemente –und zusätzlich durch Leckströme durch Funkentstörkondensatoren – bei der Isolationsmessung ein Isolationsfehler vorgetäuscht werden.

In Anlagen mit solchen Geräten sollte daher vor der Isolationsmessung der Lastkreis unterbrochen werden (Abklemmen der Lastleitung, Herausschrauben der Glühlampen oder dergleichen). Hiermit wird gleichzeitig sichergestellt, dass elektronische Bauelemente nicht durch Überspannung aus dem Kurbelinduktor zerstört werden.

1.2.9 Spannungs- und Strommessung an gedimmten Lampen

Beim Messen der Lampenspannung von gedimmten Leuchten ist auf die Wahl des richtigen Messgeräts zu achten. Bei Wechselspannung wird im Allgemeinen der Effektivwert („RMS" = „*r*oot *m*ean *s*quare") als Kenngröße angegeben und gemessen. Der Effektivwert ist der Wert, bei dem in einem Verbraucher die gleiche Energie umgesetzt wird wie durch einen vergleichbaren Gleichstrom. Der Scheitelwert der Wechselgröße ist immer höher als der Effektivwert.

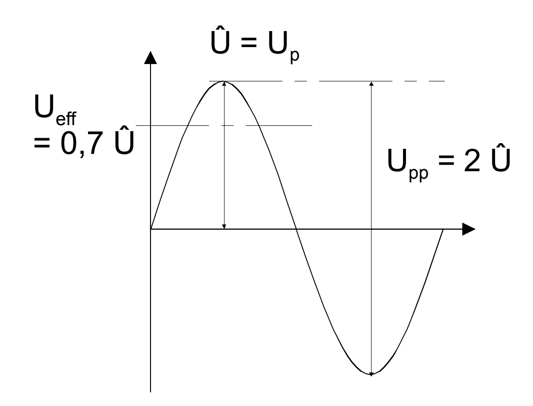


Bild: Scheitelwert, Effektivwert, „peak-to-peak"-Wert einer sinusförmigen Spannung

Beispiel: 230 V Netzspannung

U_{eff} = 230 V

Û = 330 V

U_{pp} = 660 V

Die Höhe des Effektivwerts hängt ab vom Scheitelwert (Amplitude), der Frequenz und der Kurvenform der gemessenen Größe.

Wenn die Effektivwertmessung einer sinusförmigen Größe auf die Messung des Betragsmittelwertes zurückgeführt wird, korrigiert das Messgerät den gemessenen Mittelwert mit dem Formfaktor 1,11. Bei sinusförmigem Verlauf wird also der Betragsmittelwert gemessen und der Effektivwert angezeigt. Das gleiche Messgerät zeigt bei dreieckigem Verlauf 4% weniger an; bei Gleichstrom oder Rechteck ist die Anzeige um 11% zu groß.

Die vielfach üblichen preiswerteren Handmultimeter – auch mit Digitalanzeige – sind oft nur auf die Messung von sinusförmigen Spannungen und Strömen mit Netzfrequenz eingestellt. Bei ‚angeschnittenen' Strömen wird die Sinusform verzerrt; die Abweichung hierdurch erzeugter Fehlmessungen kann bei Netzspannung bis zu 50 V betragen.

Beim Messen gedimmter Phasen ist also darauf zu achten, dass der abgelesene Messwert zwar als Anhaltspunkt nützlich, je nach Dimmstellung jedoch sehr fehlerbehaftet ist.

Für korrekte Messungen muss das verwendete Multimeter für „Echteffektivwertmessung" bzw. „TRMS" („*t*rue *r*oot *m*ean *s*quare") geeignet sein. Wenn dies nicht auf dem Gerät selbst angegeben ist, ist in der Bedienungsanleitung nachzuschlagen.

Die Tabelle und die nachfolgende Abbildung zeigen die Abweichung zwischen der mit einem „normalen" Multimeter gemessenen Spannung und dem korrekten Effektivwert einer gedimmten Lampe in Abhängigkeit des Phasenwinkels (angegeben ist der „Zündzeitpunkt" T in Millisekunden).

T/ms	U_{eff}/V	U_{mess}/V
0	230	230
1	229	224
2	224	208
3	212	182
4	191	150
5	162	115
6	127	79
7	88	47
8	50	22
9	18	5
10	0	0

Tabelle: Fehler bei der Effektivwertmessung bei gedimmten Lampen

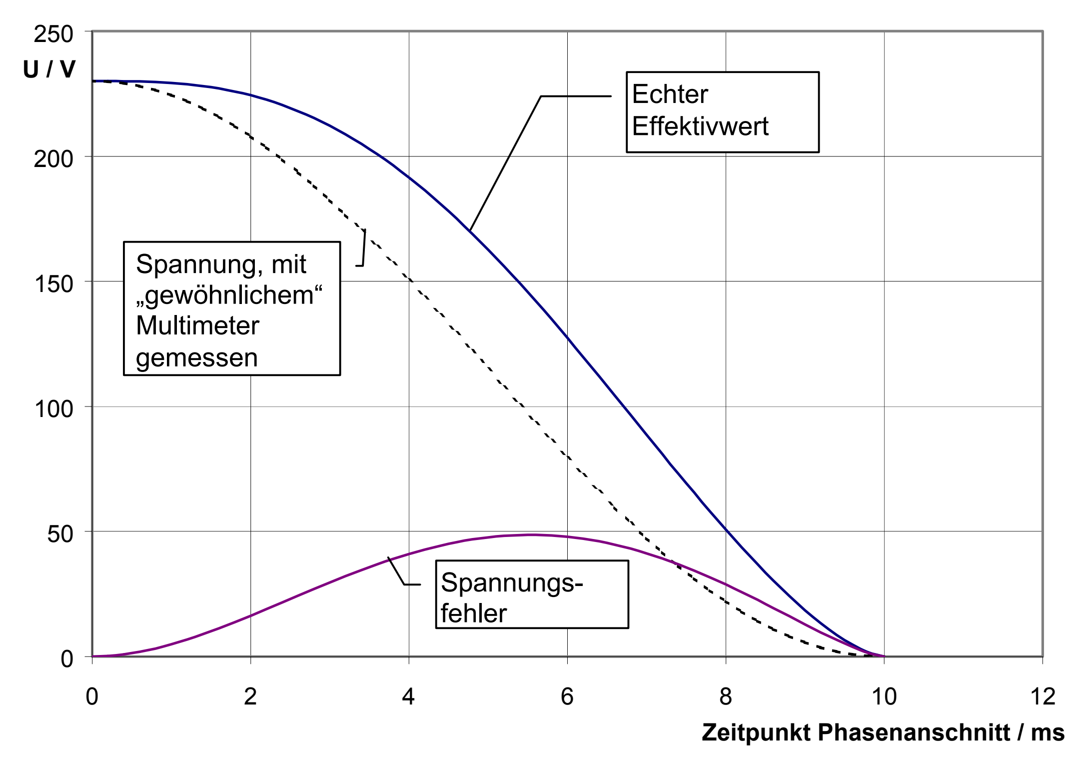


Bild: Abweichung zwischen Effektivwert und „gemessener“ Spannung bei gedimmten Lampen

1.2.10 Schaltleistung bei Energiesparlampen

Kapazitive Lasten wie z. B. parallelkompensierte Leuchtstofflampen, Kompakt- Leuchtstofflampen, Energiesparlampen, EVG, etc. beanspruchen im besonderen Maße das Kontaktmaterial eines Relais. Während man bei parallelkompensierten Lasten noch über die maximal zulässige Größe des Kompensations-Kondensators und damit über die max. zulässige Last Aussagen machen kann, ist das bei EVG oder Energiesparlampen in der Regel nicht mehr möglich.

Anlagenbezogene Abhängigkeiten

Es taucht immer wieder die Frage auf: Wie viele EVG kann man an Gerät XY anschließen? Leider ist in solchen Fällen trotz aller Bemühungen keine eindeutige Antwort zu geben.

Die Höhe der Last, bzw. die max. anschließbare Anzahl des EVG A an das Schaltgerät B, hängt von weit mehr Faktoren ab als nur von den technischen Daten dieser beiden Komponenten. Dies sind Faktoren, die anlagen- und anwendungsspezifisch sind und weder vom Hersteller des Schaltgerätes B noch vom Hersteller des EVG A abhängig oder beeinflussbar sind.

Dazu zählen unter anderem:

- Die Beschaffenheit des Versorgungsnetzes (hartes oder weiches Netz)
  - Weiches Netz: hoher Innenwiderstand, geringere Einschaltströme
  - Hartes Netz: kleiner Innenwiderstand des Netzes, hohe Einschaltströme möglich.
- Einschaltzeitpunkt bezogen auf Momentanwert der Sinuswelle
  - Sinus-Nulldurchgang: ideal, kaum Kontaktbelastung,
  - Sinus-Scheitelpunkt: schlecht, maximaler Einschaltstrom.
- Wird z. B. immer in der positiven Halbwelle eingeschaltet => Materialwanderung am Kontaktmaterial geht immer in gleiche Richtung => schneller Ausfall des Kontaktes

Selbst die Relaishersteller können also keine gesicherten Angaben über die anschließbare Last an einem Relais machen. Eine Kombination, die in einer Anlage einwandfrei funktioniert, kann in einer vom Aufbau identischen zweiten Anlage zu einem Dauerproblem führen.

Produktvielfalt

Auf dem Markt ist eine große Zahl EVG-Hersteller mit einem vielfältigen Angebot unterschiedlicher EVG vertreten. Jedes EVG kann dabei teilweise völlig unterschiedliche Einschalt-Eigenschaften haben.

Der Hersteller des Schaltgerätes kann bei dieser Produktvielfalt selbst bei Anfragen nach der Anschlussmöglichkeit eines bestimmten EVG keine gesicherten Aussagen machen, da der interne Aufbau des EVG dem Hersteller des Schaltgerätes gar nicht bekannt ist. Eventuelle Änderungen in der Schaltungstechnik des EVG werden üblicherweise auch kaum mitgeteilt.

Gerätetoleranzen

In Tests kann gezeigt werden, dass Relais des gleichen Typs in identischen Installationen (Last, Schaltzyklen, gleiches Netz, …) wenige hundert, aber auch mehrere zehntausend Schaltspiele bis zum Verkleben des Kontaktes ohne Ausfall absolvieren.

Hierfür sind unter anderem folgende Faktoren verantwortlich:

- Toleranzen in der Schließkraft des Kontaktes
- Toleranzen im Abrollverhalten des Kontaktes
- Toleranzen im Prellverhalten des Kontaktes
- Wanderung des Kontaktmaterials in Abhängigkeit des Zeitpunkts beim Schließen des Kontaktes in einer Netzhalbwelle.

Unter völlig gleichen Bedingungen kann sich die Anzahl der Schaltspiele im Bereich von Faktor 100 unterscheiden.

Fazit

Die Angabe von Schaltleistungen auf Schaltgeräten kann sich nur auf den Dauerbetrieb beziehen. Der kritische Fall des Einschaltstroms kann von Anlage zu Anlage abweichen. Im Zweifelsfall muss der Einschaltstrom von Leuchtstofflampen mit EVG bzw. Energiesparlampen in der Anlage ermittelt werden.

1.3 Glühlampen-Dimmer

Die Dimmerschaltung besteht im einfachsten Fall aus den vier Bauteilen Triac T, Diac Di, Potentiometer R und Kondensator C2.

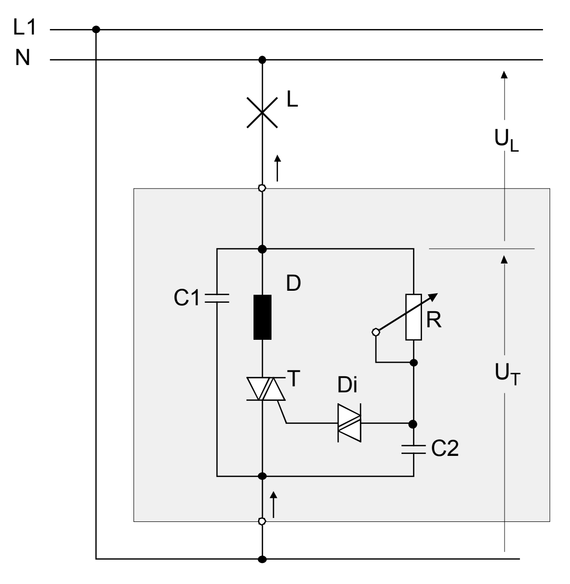


Bild: Einfachste Dimmerschaltung

Die Bauteile D und C1 dienen zur Funkentstörung. Der Diac ist ein Hilfsbauelement zum Zünden des Triac und aufzufassen als ein Triac ohne Gateanschluss mit einer Durchbruchspannung von nur etwa 30...40 Volt.

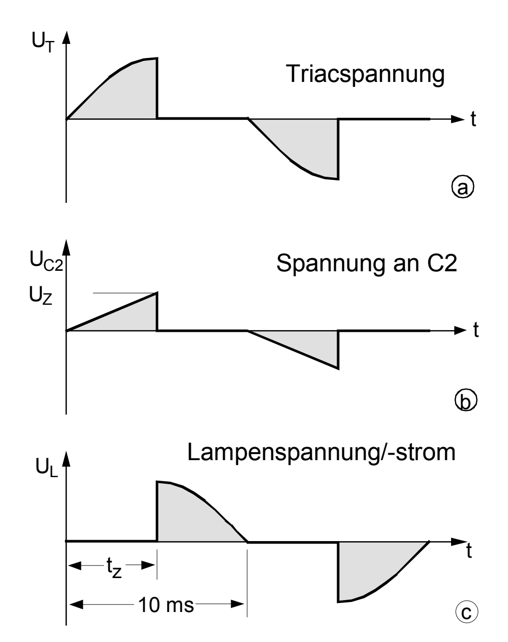


Bild: Spannungsverläufe bei Dimmung

Solange der Triac T gesperrt ist, fließt durch die Last L der kleine Strom über den Funkentstörkondensator C1 und durch R und C2. An L tritt dadurch praktisch kein Spannungsfall auf. Die volle Netzspannung liegt an den Dimmer-Anschlussklemmen ↑ und ↓ (Triacspannung U_T). Auch der Diac Di ist noch gesperrt. Der Strom durch das Potentiometer R lädt daher den Kondensator C2 auf. Wenn die Diac-Zündspannung U_Z erreicht ist, wird C2 schlagartig über den Diac und das Triac-Gate entladen. Durch diesen Zündimpuls schaltet der Triac durch, sodass die Spannung U_T bis auf eine kleine Restspannung von ca. 2 V zusammenbricht und die volle Netzspannung nur an der Last L liegt.

Die Last liegt nicht während der vollen Netzhalbwelle (10 ms bei 50 Hz) an der Netzspannung, sondern nur für eine um die Zündverzugszeit t_Z verminderte Zeit. Dadurch wird die Leistung in der Last entsprechend t_Z vermindert (Lampe leuchtet weniger hell, Motor dreht langsamer usw.).

Am Ende der Netzspannungshalbwelle sperrt der Triac wieder, und der eben beschriebene Vorgang beginnt erneut mit dem Laden von C2 bis zur Diac-Zündspannung.

Da sich dieser Ladevorgang von C2 nun durch Verändern von R verzögern oder beschleunigen lässt, kann t_Z beliebig eingestellt und damit die Leistung in L je nach Bedarf verändert werden.

Wird der Pfad R-C2 unterbrochen, zündet der Triac überhaupt nicht mehr, die Last L bleibt abgeschaltet. Dennoch fließt ständig ein Strom von 10..15 mA durch die Last (Strom durch C1 und Sperrstrom durch T). Die Netzspannung liegt in solch einem Stromkreis immer an dem Bauteil mit dem größten Widerstand. Solange eine Last L angeschlossen ist, liegt nur eine kleine Spannung an L; fast die gesamte Netzspannung fällt am Dimmer ab.

Wenn L zum Beispiel eine Glühlampe mit 100 Ω Kaltwiderstand ist und der abgeschaltete Dimmer einen „Leckstrom“ von 10 mA hat, so liegen nur 100 Ω x 0,01 A = 1 Volt an den Lastklemmen (zwischen Klemme ↑ und N).

Wenn aber die Glühlampe durchgebrannt ist oder aus der Fassung geschraubt wird, fließt kein Strom mehr durch den Dimmer. Die Stromkreisunterbrechung an der Lampe bildet nun den elektrischen Widerstand ∞. Damit liegt an der Lastklemme bzw. an der Lampenfassung die volle Phasenspannung! Beim Arbeiten am Laststromkreis solcher Geräte, die nicht durch einen mechanischen Schalter vom Netz getrennt werden, ist Vorsicht geboten!

Praktisch ausgeführte Dimmer sind in der Regel gegenüber der Grundschaltung noch um eine Sicherung Si, einen Schalter S und um einen Trimmwiderstand R_{Tr} erweitert:

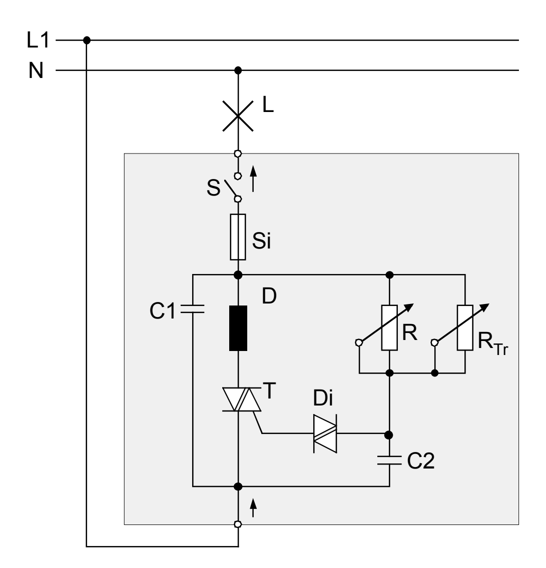


Bild: Erweiterte Dimmerschaltung

Der Schalter S ist als Druckfolgeschalter oder als Drehschalter meist mit dem Potentiometer R mechanisch gekoppelt. Wenn der Dimmer ausgeschaltet ist, wird die Last L wirklich galvanisch durch den geöffneten Schalter S von der Netzspannung getrennt (Leckstrom ist Null). Die Sicherung Si dient lediglich dem Triacschutz (siehe Abschnitt Sicherungen). Der Trimmer Tr wird einmal so eingestellt, dass man auch bei größerem Potentiometerwert R (Dunkelstellung) die Lampe L gerade noch leuchten sieht, um den Anwender daran zu erinnern, den Dimmer mit dem Schalter S abzuschalten und nicht durch extreme Dunkelstellung von R.

Aus der erweiterten Dimmerschaltung ist zu sehen, dass es beim Glühlampen-Dimmer gleichgültig ist, „wie herum“ er angeschlossen wird (Phase an ↑ , Last an ↓ oder umgekehrt). Es ist lediglich zu beachten, dass bei einem Anschluss in der im Bild angegebenen Weise die Sicherung auch bei geöffnetem Schalter S ständig an der Phasenspannung liegt. Beim Sicherungswechsel ist deshalb entsprechende Vorsicht geboten.

Im folgenden soll der ganze Elektronik-Teil des Dimmers der Einfachheit halber als veränderlicher Widerstand dargestellt werden, wobei man sich aber stets vor Augen halten soll, dass die Triacschaltung in Wirklichkeit ein mit 100 Hz betriebener Schalter ist, denn nur dadurch wird wirklich Leistung gespart:

Nur solange der Triac durchgeschaltet ist, wird Leistung verbraucht!

Wenn die Lampe nur mit halber Leistung leuchtet, wird in einem Dimmerkreis auch nur die halbe Leistung aus dem Netz entnommen. Würde die Lampenleistung durch Vorschalten eines Widerstandes eingestellt, ginge der größte Teil der in der Lampe „gesparten“ Leistung im Widerstand in Form von Wärme verloren!

Durch die vereinfachte Darstellung reduziert sich die erweiterte Dimmerschaltung zu folgendem Schaltsymbol:

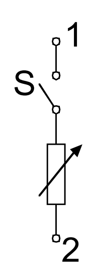


Bild: Schaltsymbol Dimmer

Da nun der Schalter S häufig als Wechselschalter ausgebildet ist, lässt sich der Dimmer auch in herkömmlichen Kreuz- und Wechselschaltungen einsetzen.

Der Dimmer ist elektrisch gesehen ein normaler Wechselschalter, der im Fußpunkt (Klemme P) einen elektronisch verstellbaren Widerstand besitzt. Er wird deshalb in Kreuz- oder Wechselschaltungen auch wie ein mechanischer Wechselschalter angeschlossen. Beim Glühlampen-Dimmer ist es in Wechsel- oder Kreuzschaltungen gleichgültig, ob der Dimmer den Wechselschalter auf der Last- oder auf der Phasenseite ersetzt.

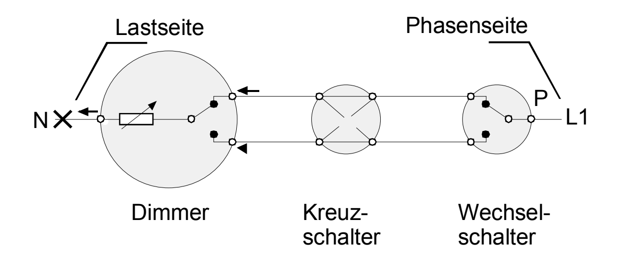


Bild: Dimmer in Kreuzschaltung

Dimmer mit Dreh-Ausschalter

Eine Sonderform des Glühlampen-Dimmers ist der Dimmer mit Dreh-Ausschalter. Es handelt sich dabei um eine Schaltung gemäß Bild *Einfachste Dimmerschaltung*. Das Potentiometer R ist konstruktiv so gestaltet, dass der Schleifer in der Endstellung „dunkel“ über die Widerstandsbahn hinaus verstellt werden kann, so dass dann der Strompfad R-C2 vollständig unterbrochen ist. Damit erfolgt keine Triac-Zündung mehr, die Last L ist also abgeschaltet.

Schnurdimmer

Der Schnurdimmer eignet sich für den Einbau in die Zuleitung von ortsveränderlichen Steh- oder Tischleuchten und kann per Hand oder mit dem Fuß bedient werden.

Der Schnurdimmer ist eine spezielle Ausführung des Dimmers mit Dreh-Ausschalter. Das Potentiometer R ist nicht als Drehpoti, sondern als Längspotentiometer ausgeführt. Auch hier ist der Schleifer in der Endstellung „dunkel“ über die Widerstandsbahn hinaus verstellt ($R=\infty$), sodass der Triac nicht mehr gezündet wird und die Last L abgeschaltet ist.

Trotzdem liegt an der Lampenfassung die volle Netzspannung, wenn der Strompfad am Leuchtmittel unterbrochen ist (z. B. Lampe ist durchgebrannt). Bei Lampenwechsel ist also unbedingt der Netzstecker zu ziehen!

1.4 Dimmer für HV-Halogenlampen

Auch Hochvolt-Halogenlampen für Netzspannung existieren mittlerweile in vielfältigen Bauformen:

- als Leuchtstab in Decken- oder Wandflutern
- mit Edison-Gewinde für den Einbau in normale Lampenfassungen (E27 oder E14)
- als Miniaturlampe, mit oder ohne (Kaltlicht-) Reflektor

Das Prinzip ist das gleiche wie bei Standard-Glühlampen: Ein Glühfaden wird durch den fließenden Strom bis zur Weißglut erhitzt. Dem Füllgas werden Halogene hinzugefügt; sodass die Glühwendel bei wesentlich höheren Temperaturen betrieben werden kann. Gegenüber Allgebrauchs-Glühlampen ergeben sich erhebliche Vorteile hinsichtlich Brillanz in der Farbwiedergabe, Lichtausbeute und Lebensdauer. Letztere liegt allerdings unter der von NV-Halogenlampen.

Der ohmsche Widerstand einer Glühlampe steigt beim Erhitzen an. Beim Einschalten wird eine kalte Glühlampe demzufolge von einem erheblich höheren Strom durchflossen als im Dauerbetrieb.

Bei Halogenglühlampen dauert der Einschaltvorgang – damit auch der Aufheizvorgang der Glühwendel – erheblich länger. HV-Halogen-Glühlampen haben gegenüber Standard-Glühlampen eine bis zu 10-fach (300 ms : 40 ms) längere Einschaltphase.

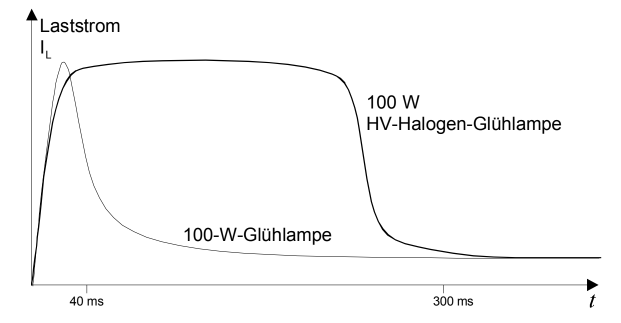


Bild: Einschaltverhalten von HV-Halogen-Glühlampen

Bei der Auswahl von Dimmern für HV-Halogenglühlampen ist unbedingt auf die Eignung des Dimmers für diesen Lampentyp zu achten.

In der Regel sind derartige Dimmer mit trägen Sicherungen versehen.

Einige Dimmer verfügen über eine sogenannte „Softstart"-Funktion. Hierbei wird die Stromflusszeit beim Einschalten langsam erhöht, bis der Normalbetrieb erreicht ist.

1.5 NV-Dimmer für induktive Trafos

Niedervolt-Lampen benötigen eine eigene Betriebstechnik; daher müssen Dimmer für die Helligkeitssteuerung von NV-Lampen speziell hierfür geeignet sein.

Niedervolt-Leuchtensysteme finden vielfache Verbreitung, da ihre sehr gute Lichtwiedergabe und kompakte Bauform äußerst dekorative Leuchtendesigns erlauben. Die Versorgungsspannung von 12 V stellt den Schutz gegen elektrischen Schlag sicher. Diese NV-Spannung wird mit Transformatoren erzeugt, die gleichzeitig für die galvanische Trennung zum 230-V-Netz sorgen. Induktive Trafos haben gegenüber TRONIC-Trafos den Vorteil, dass sie in Seil- und Stangensysteme und auch in Leuchten mit mehr als 2 m Leitungslänge auf der Sekundärseite eingesetzt werden können.

Theoretisch könnten Dimmer zur Helligkeitseinstellung in die Primär- oder Sekundärleitung des Trafos eingefügt sein. Technisch sinnvoll ist allerdings nur Reihenschaltung des Dimmers mit der Primärseite des Trafos.

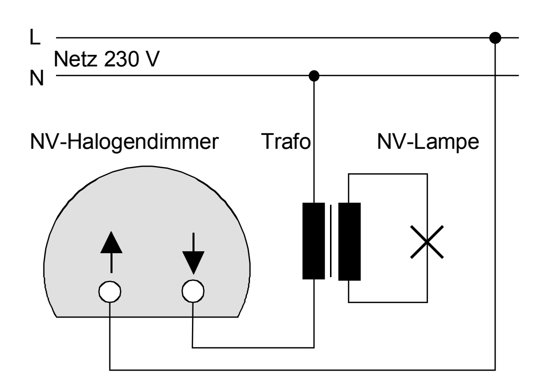


Bild: Reihenschaltung Dimmer – Trafo

Auf der Sekundärseite fließen bei NV-Lampen erheblich höhere Ströme als auf der Primärseite. Das würde zu einer hohen Strom- und damit Wärmebelastung des elektronischen Schalters im Dimmer führen. Günstiger ist es, gleiche Leistung vorausgesetzt, eine hohe Spannung bei geringem Strom zu schalten. Weiterhin ist nicht zu vertreten, dass bei ausgeschaltetem Dimmer der Trafo im Leerlauf weiterarbeitet.

Das induktive Verhalten der Trafos erfordert das Dimmen im Phasenanschnitt. Übliche Phasenanschnitt-Dimmer für Glühlampen sind nur für ohmsche Last ausgelegt. Betreiben dieser Dimmer an Trafos führt zu Funktionsstörungen oder gar zu Defekten; es können z. B. auftreten:

- Flackern bei bestimmten Dimmerstellungen;
- Durchbrennen der Sicherungen, insbesondere beim Einschalten;
- Durchbrennen des Trafos.

Die Schwierigkeiten beim Dimmen ergeben sich aus dem induktiven Verhalten von Trafos; dies soll im folgenden erläutert werden.

Verhalten von Transformatoren

Die Induktivitäten der Trafos erzeugen Blindströme, das heißt, es tritt eine Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung auf: Der Strom eilt der Spannung nach. Das führt beim Glühlampen-Dimmer zu Triac-Zündproblemen, weil zum Zündzeitpunkt der Triac-Haltestrom noch nicht fließen kann. Das Zünden bzw. der Ausschaltpunkt des Triac ist nicht mehr eindeutig definiert. Die Folgen sind Flacker- und Brummerscheinungen.

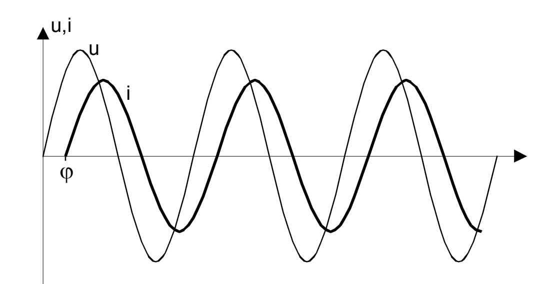


Bild: Phasenverschiebung zwischen Spannung u und Strom i

Treten wegen der Zündschwierigkeiten dabei Unsymmetrien in den Sinushalbwellen auf, so fließen im Trafo zusätzlich Gleichstromanteile. Dadurch kann ein Trafo sich so erhitzen, dass er durchbrennt (Grund: magnetische Sättigung, hohe Eigenerwärmung).

Hinzu kommt das besondere Einschaltverhalten von NV-Halogenlampen. Bei diesen fließt für ca. 300 ms (15 Netzspannungsperioden) ein Einschaltstrom, der den 10-fachen Wert des Nennstromes erreichen kann. Bei Glühlampen beträgt diese Einschaltdauer nur ca. 40 ms (2 Netzperioden).

Aufbau und Art des vorgeschalteten Trafos beeinflussen die Einschaltströme ebenfalls. Trafos mit hohem Wirkungsgrad (geringes Streufeld), z. B. Ringkerntransformatoren, können extrem große Ströme verursachen, die jede Dimmersicherung auslösen lassen. Selbst 16-A-Hausanschlusssicherungen können ansprechen. Bei stärker verlustbehafteten Trafos, z. B. Eisenkerntrafos mit E/I- oder M-Schnitt, verringert sich der Stromstoß beträchtlich.

Aus diesem Grund sind unter Umständen manche Ringkerntrafos für Dimmung ungeeignet.

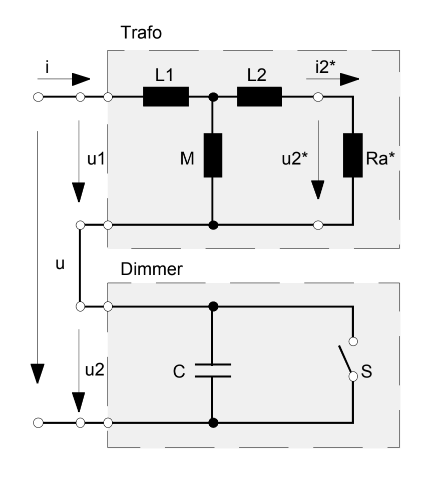
Zur Ableitung der Forderungen an NV-Dimmer für induktive Transformatoren ist es zweckmäßig, den Trafo hinsichtlich seines Verhaltens bei Leerlauf, Nennlast und Kurzschluss zu untersuchen:

Leerlauf tritt auf, wenn alle Lampen durchgebrannt sind oder eine sekundärseitige Leitungsunterbrechung vorliegt.

Bei **Nennlast** liegen eindeutig definierte Verhältnisse vor, der Dimmer wird für diesen Fall dimensioniert. Probleme bereitet das Zündverhalten.

Der **Kurzschlussfall** ist mit zu berücksichtigen, da der NV-Dimmer auch zum Dimmen von 230-V-Glühlampen eingesetzt wird. Beim Durchbrennen dieser Lampen kann kurzzeitig ein Lichtbogen entstehen, der wie ein Kurzschluss wirkt. Zum Schutz vor diesem hohen Kurzschlussstrom wird der Dimmer abgesichert.

Sinnvollerweise wird zur Untersuchung induktiver Transformatoren das Trafo-Ersatzschaltbild (ESB) benutzt:



L1,2	=	Streuinduktivitäten
M	=	Gegeninduktivität
Ra*	=	auf die Primärseite transformierter Lampenwiderstand
i2*, u2*	=	auf die Primärseite transformierte Ausgangs-Ströme/Spannungen
C	=	Kapazität im Dimmer
S	=	Triac-Schalter

Bild: Ersatzschaltbild NV-Trafo-Dimmer

- Leerlauf:

  Man denke sich Ra* weg (Ra* = unendlich), es fließt kein Strom i2*. Ist der Triac (Schalter S) geöffnet, wirkt die Reihenschaltung von L1, M und C. Die Induktivitäten des Trafos bilden mit der Kapazität des Dimmers einen Reihenschwingkreis. Da fast keine Dämpfung durch ohmsche Widerstände (die Leitungswiderstände sind gering) erfolgt, können Resonanzüberhöhungen bis 1000 V am Trafo oder am Dimmer auftreten, die den Triac fehlzünden oder zerstören können.
- Nennlast:

  Der Widerstand Ra* hat einen endlichen Wert. Es wirkt im Trafo die Reihenschaltung L1 und L2 mit Ra* parallel zu M. Solange Ra* konstant ist, besteht ein bestimmter Phasenwinkel zwischen i1 und u1. Da man Trafos für einen bestimmten Lastbereich (z. B. 20-500 VA) dimensioniert, kann man nicht von einem bestimmten Ra* ausgehen. Mit Ra* ändert sich auch der Phasenwinkel.
- Kurzschluss:

  Das bedeutet Ra*= 0, gedanklich überbrücke man Ra*. L1 liegt in Reihe mit der Parallelschaltung von M und L2. Da M ca.100-mal größer als L2 ist, wirkt bei der Parallelschaltung nur noch L2. Der Kurzschlussstrom wird nur durch die Streuinduktivität L1 und L2 begrenzt.

  Beim Einschalten des Dimmers wirkt kurzzeitig dieser Kurzschlussmechanismus, da der Einschaltstrom vorwiegend durch den niedrigen Kaltwiderstand der Lampe bestimmt wird. Die Werte liegen beim 10-fachen des Nennstromes.

  Im Falle von Ringkerntrafos kann der Kurzschlussstrom das 20-fache des Nennstromes erreichen. Begrenzend wirken nur noch die (nicht eingezeichneten) Wicklungswiderstände, da die Streuinduktivitäten L1 und L2 sehr gering sind. Dimmersicherungen können zwischen Kurzschluss- und Einschaltstrom nicht unterscheiden; eine ordentliche Sicherungsdimensionierung ist nicht möglich. Aus diesem Grunde sind Ringkerntrafos mit geringem Streufeld für die Helligkeitssteuerung ungeeignet.

  Zunehmend bieten Trafohersteller dimmbare Ringkernversionen an, deren Einschaltstrom durch besonderen Aufbau begrenzt wird. Trafos mit E-, I- bzw. M-Schnitt besitzen so große Streuinduktivitäten, dass diese Probleme kaum auftreten.

Eigenschaften der Dimmer

Die Anforderungen an NV-Dimmer ergeben sich aus dem Verhalten der Lampen und Trafos:

- universell einsetzbar, weitgehend unabhängig vom Trafotyp,
- breiter Lastbereich (20 ... 500 W),
- einwandfreie Funktion im ganzen zulässigen Lastbereich des Trafos,
- bei Leerlauf erfolgt keine Zerstörung des Dimmers oder Trafos,
- eine Sicherung schützt den Dimmer und Trafo bei Kurzschluss,
- der hohe Einschaltstrom löst die Sicherung nicht aus,
- geräuscharm,
- funkentstört.

Der Glühlampen-Dimmer muss hierzu wie folgt modifiziert werden:

Erstens darf der Einschaltstromstoß die Sicherung nicht auslösen. Daher werden träge Sicherungen verwendet.
Zweitens muss die nicht konstante Phasenverschiebung des Stroms ohne Wirkung auf den Dimmprozess bleiben.

Bei einer Trafolast lässt sich die Phasenverschiebung nicht verhindern. Der nacheilende Strom kann mit der Zeigerdarstellung in Wirk- und Blindstromanteile zerlegt werden.

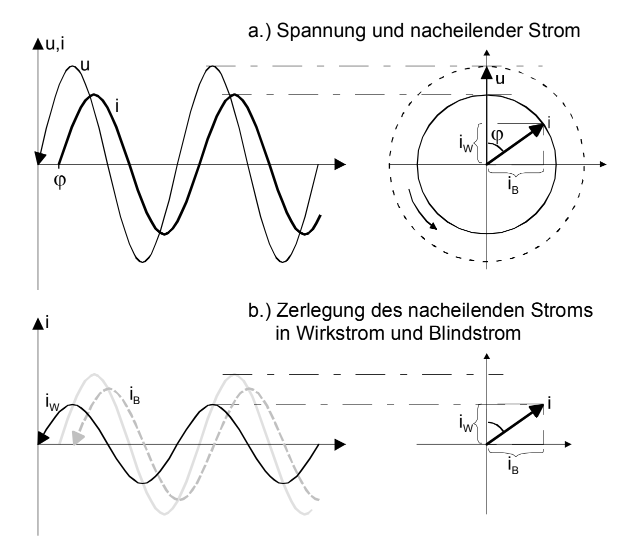


Bild: Zerlegung des fließenden Stroms in Wirk- und Blindstrom

Der Blindstromanteil wird dadurch kompensiert, dass dem Glühlampendimmer eine zeitabhängig gesteuerte Stromquelle i_C hinzugefügt wird. Sie ist dem fließenden Blindstrom entgegengesetzt; liefert zum richtigen Zeitpunkt den Strom zum Einschalten und führt den nacheilenden Strom ab.

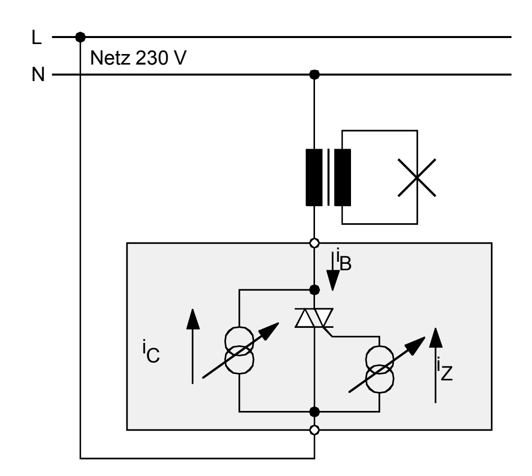


Bild: Prinzip der NV-Halogenlampen-Dimmer

In der Praxis wird die gewünschte Blindstromkompensation (Stromquelle i_C) durch die Bauteile Cs und Rs realisiert. Die „Zündstromquelle“ i_Z wird durch die Bauelemente Rv, P, C, Di, R_H sichergestellt. L und C1 dienen der Funkentstörung. Bei NV-Dimmern mit Druck-Wechselschalter ist der Wechselschalter zusätzlich in Reihe mit der Last geschaltet.

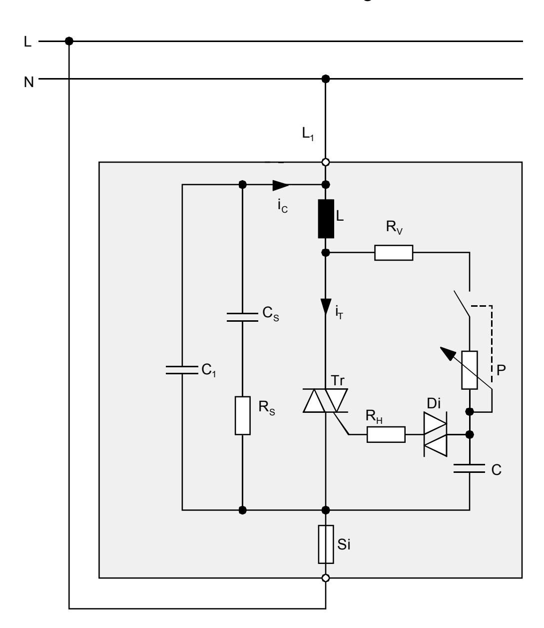


Bild: Schaltung NV-Halogenlampen-Dimmer

Zusammengefasst ergeben sich die folgenden

Einsatzhinweise:

1. Nicht alle Trafos sind dimmbar, Ringkerntrafos bereiten oftmals Probleme. Es kommt zu Flakckererscheinungen, Brummen und Sicherungsdefekten wegen zu hohen Einschaltstromes. Im Zweifelsfall bitte die Dimmbarkeit des Trafos vom Trafo- oder Dimmerhersteller bestätigen zu lassen.
2. Der Dimmer ist stets in Reihe zur 230-V-Primärwicklung des Trafos zu schalten.
3. Ein Abschalten der Verbraucher auf der Sekundärseite ist unzulässig.
4. Man beachte die einzuhaltende Mindest- und Maximallast des Dimmers. Als Last wirken die Lampen *und* der Trafo. Im Zweifelsfall ist der Primärstrom des Trafos zu messen. Ist dies nicht möglich, kann man für die Verlustleistung des Trafos 20% annehmen; die Lampenleistung darf dann max. 80% der Dimmerleistung betragen.
5. Bei Sicherungswechsel nur vorgeschriebene Sicherungen verwenden.
6. Die optimale Abstimmung zwischen Dimmer und Last erfolgt für Nennlast des Trafos. Trafo mindestens zu 85% belasten!

1.6 Phasenabschnitt-Dimmer für NV-TRONIC-Trafos

TRONIC-Trafos bieten gegenüber konventionellen gewickelten Trafos für Niedervolt-Lampen einige Vorteile:

- geräuscharme Arbeitsweise,
- elektronischer Kurzschlussschutz mit automatischem Wiederanlauf,
- Überlastschutz, selbständige Leistungsreduzierung
- Softstart, lampenschonendes Einschalten
- Übertemperatursicherheit,
- Leerlaufsicherheit,
- hoher Wirkungsgrad,
- Betrieb an 230 V Gleichspannung (Notstromanlage) möglich (bei speziellen Geräten).

Zum Dimmen solcher Trafos eignen sich die bekannten Phasenanschnitt-Dimmer im Allgemeinen nicht.

TRONIC-Trafos haben einerseits – vor allem durch die beiden Brückenkondensatoren C_B – ein kapazitives Eingangsverhalten. Schlagartiges Einschalten (z. B. beim Phasenanschnitt) führt dazu, dass die Brückenkondensatoren mit einem sehr hohen Strom aufgeladen werden. Frühere Bauarten verfügten nicht über die hierfür notwendige Stromfestigkeit und konnten durch die hohe Stromdichte irreparabel beschädigt werden.

Sowohl im Phasenanschnitt-Dimmer als auch im TRONIC-Trafo sind eine Anzahl Bauelemente zur Funkentstörung enthalten. Diese Widerstände, Kondensatoren und Induktivitäten bilden elektrische Schwingkreise mit entsprechenden Resonanzfrequenzen. Beim Phasenanschnitt wird der Stromverlauf von der reinen Sinusform verzerrt und erhält dadurch Oberschwingungen, die an den Resonanzstellen verstärkt werden und schließlich den Eingangsstrom i_E überlagern. Die dadurch hervorgerufenen Amplitudenänderungen der Betriebsspannung führen zu unterschiedlichem Zünden und Unterbrechen der Betriebsfrequenz und damit zum Flackern der Lampen.

Resonanzen innerhalb des Hörbereichs (16...20.000 Hz) führen dazu, dass die Spulenkerne der Induktivitäten und die Kondensatoren mechanisch mitschwingen, was sich als lästige Geräuschentwicklung – Brummen bis hin zu hochfrequenten Pfeiftönen – bemerkbar macht.

Ein Bedämpfen der Schwingungen bei Einhalten der Funkentstörbedingungen kann nur in unbefriedigendem Maße gelingen, weil bei jedem Trafotyp das Eingangsnetzwerk unterschiedlich ausgeführt ist. Selbst bei einem optimierten Zusammenspiel Dimmer-Trafo ergeben sich beim Anschalten mehrerer Trafos neue Verhältnisse, die zu unerwünschten Resonanzen führen können.

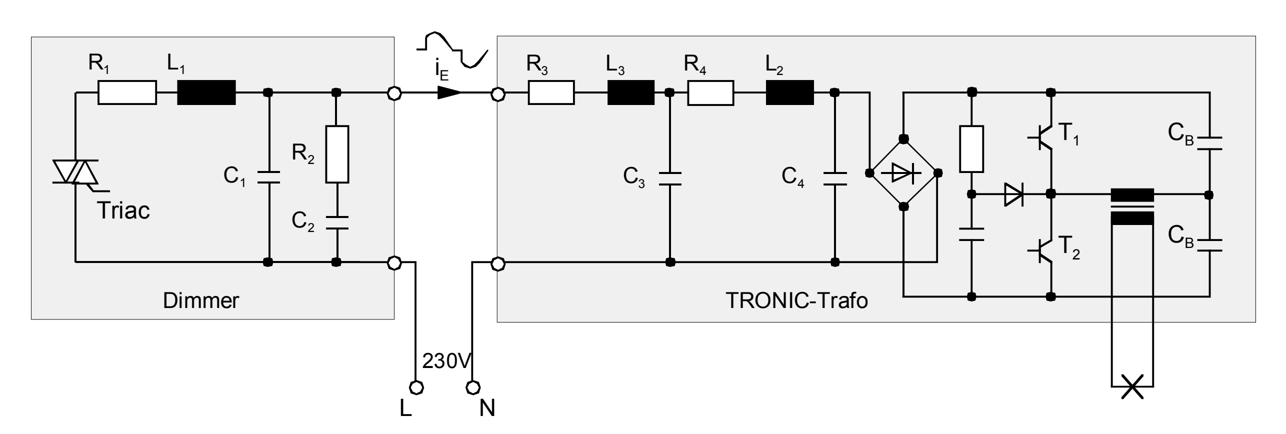


Bild: Zusammenschaltung TRONIC-Trafo und Glühlampendimmer

Eine elegante Umgehung dieses Problems ist durch Verwenden von Phasen**ab**schnitt-Dimmern möglich.

Im Gegensatz zum Phasenanschnitt-Dimmer wird beim Phasenabschnitt der Stromfluss im Nulldurchgang der Sinus-Halbwelle eingeschaltet und nach Ablauf der Zeit t_Z wieder ausgeschaltet. Beim Einschalten können keine Störspannungen entstehen.

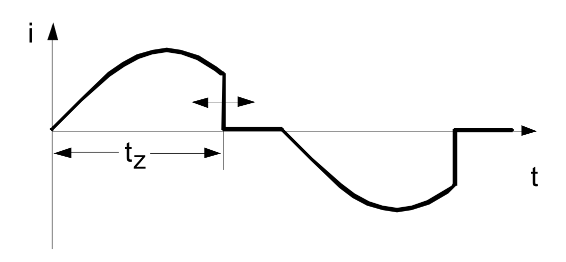


Bild: Phasenabschnitt-Prinzip

Da die Phasenabschnitt-Dimmer ursprünglich speziell für TRONIC-Trafos konzipiert wurden, werden sie auch allgemein als TRONIC-Dimmer bezeichnet. Sie eignen sich zur Helligkeitssteuerung von

- NV-Halogenlampen mit TRONIC-Trafos,
- 230-V-Allgebrauchsglühlampen,
- 230-V-Halogenlampen.

Elektronische Trafos anderer Hersteller können prinzipiell ebenfalls angeschlossen werden; allerdings ist eine vorherige Rücksprache mit uns erforderlich.

Nicht alle Typen elektronischer Trafos sind dimmbar; z. B. könnte die Funkentstörung oder der Schutz gegen Netzspikes nicht gewährleistet sein.

Induktive Trafos dürfen nicht mit TRONIC-Dimmern betrieben werden! Das plötzliche Ausschalten außerhalb des Nulldurchganges würde in einem induktiven Trafo Überspannungen erzeugen, die den Halbleiterschalter irreparabel schädigen können!

Funktion

Das Grundschaltbild des TRONIC-Dimmers zeigt neben den wesentlichen Bestandteilen eines einfachen Phasenabschnittdimmers die Zusammenschaltung mit TRONIC-Trafos.

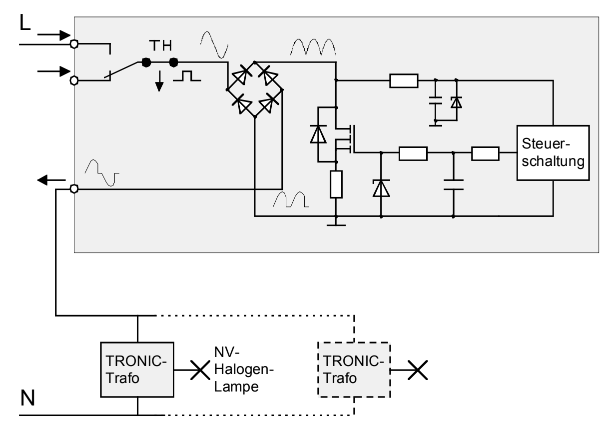


Bild: TRONIC-Dimmer – Grundschaltung

Es können mehrere Trafos parallel betrieben werden. Eine Reihenschaltung der Trafos ist nicht erlaubt. Die Anzahl der anschaltbaren TRONIC-Trafos hängt von der angegebenen Maximalbelastbarkeit ab. Um Überlastungen des Dimmers zu vermeiden, ist ein Thermoschalter vorgeschaltet, der bei Überlast oder Übertemperatur den Dimmer vom Netz trennt.

Als Leistungsschalter dient ein selbstsperrender MOSFET. Da dieser bei negativer Drain-Source-Spannung sperrt, ist ein Brückengleichrichter eingefügt. So läuft über den MOSFET ein pulsierender Gleichstrom.

Die Steuerschaltung schaltet den MOSFET im Nulldurchgang ein und nach Ablauf der Zeit t_Z wieder aus. Mit dem Netzwerk zwischen Steuerschaltung und Gate erfolgt der Ausschaltvorgang nicht schlagartig, sondern etwas gedehnt, sodass hochfrequente Störspannungen sehr abgeschwächt werden.

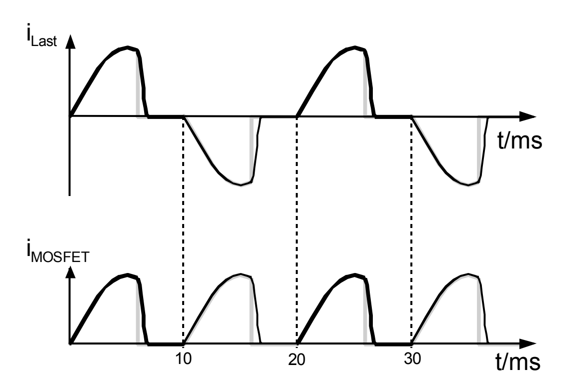


Bild: Stromverlauf im Phasenabschnitt-Dimmer

Steuerschaltung

Das Blockschaltbild der Steuerschaltung zeigt die wesentlichen Aufgaben.

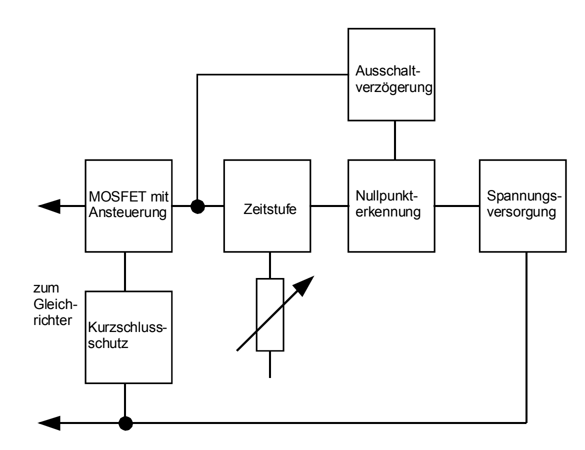


Bild: Steuerschaltung Blockstruktur

Im Block MOSFET mit Ansteuerung wird das Ein-/Ausschalten innerhalb jeder Netzhalbwelle sichergestellt. Zusatzbauelemente schützen den MOSFET vor Überspannungen und Spikes.

Die Nullpunkterkennung sorgt für das exakte Einschalten bei jedem Nulldurchgang der Halbwelle. Als Bauelement wird z. B. ein NAND-Gatter benutzt, welches die Spannung nahe 0 V als „Logisch 0“ auffasst und seinen Ausgang auf „Logisch 1“ schaltet.

Das Signal der Nullpunkterkennung wird auf die Zeitstufe – meist ein monostabiler Multivibrator (Monoflop) – gegeben. Diese steuert den MOSFET und lässt über ein Potentiometer die Einstellung der Zeit t_Z und damit der Helligkeit zu.

Eine Ausschaltverzögerung verhindert Schwingungen, die sonst beim Abschalten auftreten und sich als Lichtflackern bemerkbar machen. Der Block Spannungsversorgung stellt für alle Stufen die erforderlichen Spannungen bereit.

Der MOSFET selbst ist so beschaltet, dass er für eine automatische Leistungsabsenkung sorgt, sobald er überlastet wird: Wenn er von einem höheren Strom als zulässig durchflossen wird, sinkt die Drain-Source-Spannung und verringert wiederum den Stromfluss.

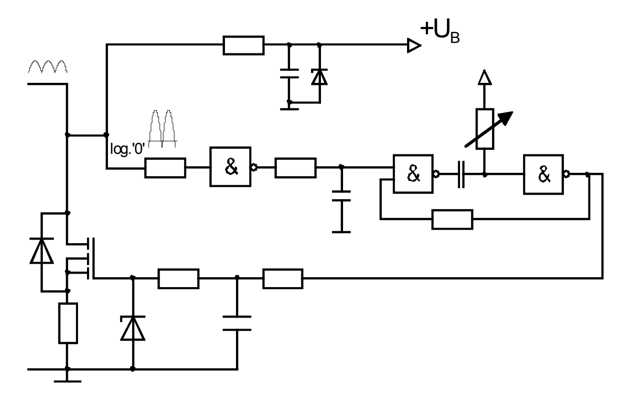


Bild: Einfache Steuerschaltung TRONIC-Trafo

Ein Kurzschlussschutz garantiert das Abschalten des Dimmers bei Kurzschluss bzw. dauernder Überlast. Der Widerstand R dient hierbei als Messwiderstand für den fließenden Strom. Übersteigt der Spannungsabfall an R den zulässigen Wert, wird der MOSFET vorzeitig abgeschaltet. Bei der nächsten Sinushalbwelle wird der Stromfluss wieder eingeschaltet; sobald die Spannung an R zu hoch wird, wird wiederum abgeschaltet. Wenn der Kurzschluss länger als 7 s andauert, schaltet der Dimmer den Stromfluss bleibend ab, d. h. der MOSFET wird nicht mehr eingeschaltet. Eine Schmelzsicherung ist so überflüssig. Die hierfür notwendige Zeitstufe (nicht eingezeichnet) wird z. B. mit einem Kondensator realisiert. In komfortableren Geräten wird die Funktion zusammen mit anderen als Zähler in einem ASIC oder Mikrocontroller angesiedelt.

Beim Einschalten des Dimmers – wenn die Lampen also noch kalt sind – erfolgt ein lampenschonender „Soft-Anlauf". Dieser berücksichtigt das Einschaltverhalten kalter Glühlampen, die einen ca. 10 mal höheren Einschaltstrom als im späteren Dauerbetrieb haben.

Für die Softstartfunktion für kalte Glühlampen kann einerseits der bereits beschriebene Kurzschlussschutz benutzt werden. Der Wert des Abschaltstroms wird nahe der Maximalleistung dimensioniert; beim Einschalten greift dann so lange der Kurzschlussschutz, bis die Glühwendel ihre Betriebstemperatur und ihren Nennstrom erreicht haben.

Nachteil dieser (preiswerten) Lösung ist, dass bei nur mit Teillast betriebenen Dimmern (oder bei Ausfall einer von mehreren Lampen) dieser „Softstart" keine Funktion hat, weil der Einschaltstrom den Dimmer-Nennstrom nicht überschreitet.

Deshalb fahren moderne TRONIC-Dimmer beim Einschalten den Phasenwinkel (d. h. die Zeit t_Z) aktiv von Null bis auf den aktuellen Nennwert hoch. Diese Funktion wird von allen TRONIC- bzw Universal-Dimmern benutzt, die einen Steuerbaustein in Form eines ASIC oder Mikrocontroller (µC) enthalten.

Ein Nachteil der beschriebenen Grundschaltung ist, dass der Strom – bevor er zum Verbraucher gelangt – drei Diodenstrecken überwinden muss. Der Spannungsabfall von jeweils 0,6 V sorgt für eine entsprechende Verlustleistung.

In moderneren TRONIC-Dimmern bzw. solchen mit höherer Nennleistung benutzt man daher eine Gleichrichterbrücke, in der zwei Dioden durch zwei MOSFET-Leistungsschalter ersetzt sind.

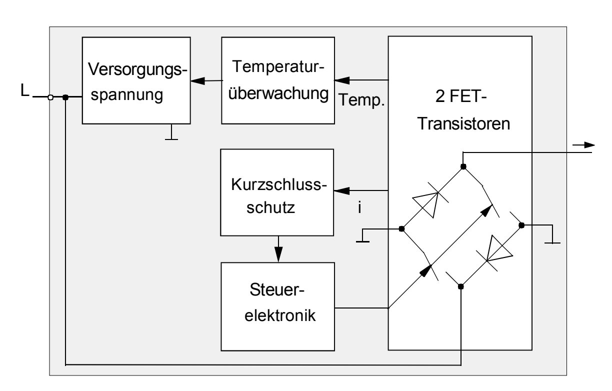


Bild: TRONIC-Dimmer mit zwei FET

Zusammenfassung

TRONIC-Dimmer benötigen gegenüber herkömmlichen Phasenanschnitt-Dimmern einigen Aufwand, bringen aber für den Betrieb – auch von Glühlampen – einige Vorteile:

- Kurzschlusssicherheit,
- Wartungsfreiheit (keine Schmelzsicherung),
- Softanlauf, d. h. längere Lampenlebensdauer,
- geräuscharm,
- Überlastschutz,
- Übertemperaturschutz,
- Schutz gegen Netzspikes,
- funkentstört ohne Entstördrosseln.

1.7 Dimmen von Leuchtstofflampen

Leuchtstofflampen werden heute hauptsächlich als 26-mm- (T8-), 16-mm- (T5-) oder Kompaktleuchtstofflampen installiert. Aufgrund der physikalischen Prozesse im Lampeninneren – Erzeugen von Ladungsträgern, Gasentladung – wird für die Helligkeitssteuerung dieser Lampen einiger Aufwand benötigt. „Normale" Phasenanschnittdimmern eignen sich hierzu nicht.

Zur Helligkeitssteuerung von Leuchtstofflampen verwendet man elektronische Vorschaltgeräte (EVG) mit 1-10-V-Schnittstelle oder „intelligenten" Schnittstellen, z. B. DALI. Der „Dimmvorgang" findet dort im EVG statt, welches durch geeignete Bedienelemente angesteuert wird.

Spezielle Leuchtstofflampen-Dimmer findet man heute allenfalls in älteren Anlagen, die mit „veralteter" Lampentechnik und 38-mm- (T12-) Lampen ausgerüstet sind.

1.7.1 Elektronisches Potentiometer für 1-10-V-Schnittstelle

Dimmbare EVG mit 1-10-V-Steuereingang messen die am 1-10-V-Steuereingang anliegende Spannung, welche im Bereich von ca. 1...10 V liegt und stellen dazu eine entsprechende Helligkeit des Leuchtmittels ein.

Ein Elektronisches Potentiometer kann bis zu 50 EVG ansteuern und somit die Beleuchtung größerer Räume dimmen.

Prinzipielle Arbeitsweise

Die 1-10-V-Schnittstelle arbeitet nach dem Stromquellenprinzip.

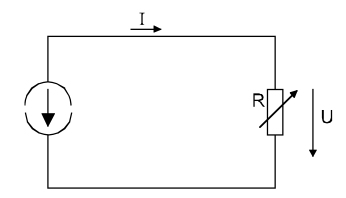


Bild: Stromquelle

Im Stromkreis fließt ein konstanter Strom I_{ST}. An einem Widerstand, der von I_{ST} durchflossen wird, fällt nach dem Ohmschen Gesetz die Spannung $U = R \cdot I_{ST}$ ab. Da I_{ST} konstant ist, ist die Spannung proportional zum Widerstand des Potentiometers: $U \sim R$.

Der Konstantstrom I_{ST} wird vom EVG an den Klemmen des Steuereingangs „+" und „–" geliefert. Das Elektronische Potentiometer dient als Stromsenke. Es misst die Spannung U_{ST} am Steuerausgang und stellt seinen Widerstand so ein, dass der Wert von U_{ST} der Bedienereinstellung entspricht. Das EVG misst ebenfalls U_{ST} und stellt die Helligkeit der angeschlossenen Lampe entsprechend dem Wert der Steuerspannung.

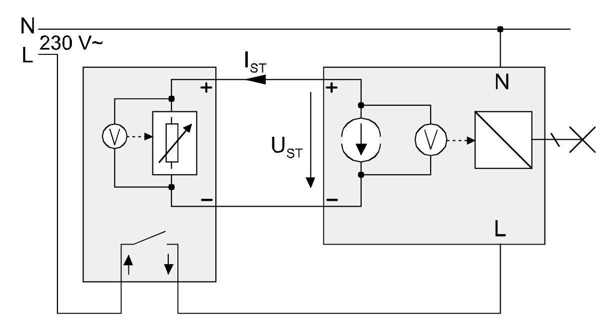


Bild: Funktionsprinzip 1-10-V-Schnittstelle

Das Elektronische Potentiometer besitzt keinen N-Leiter-Anschluss und gewinnt seine Versorgungsspannung aus dem Steuerstrom, den die EVG liefern.

Steuerung mehrerer EVG

Wenn mehrere EVG gleichzeitig gesteuert werden, sind die 10-V-Steuereingänge der EVG über eine Steuerleitung parallel zu schalten.

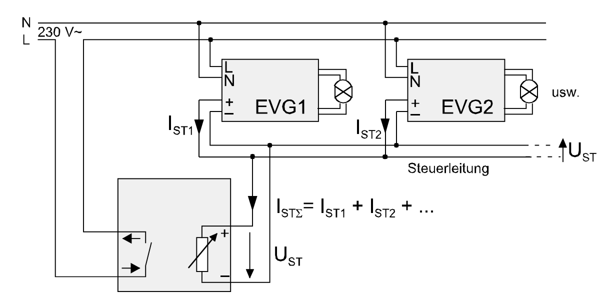


Bild: Elektronisches Potentiometer mit mehreren EVG

Über das Elektronische Potentiometer fließt in diesem Fall die Summe aller konstanten Ströme aus den 10-V-Steuereingängen

$$I_{ST\Sigma} = I_{ST1} + I_{ST2} + ...$$

Dadurch stellt sich für alle angeschlossenen EVG eine gemeinsame Steuerspannung U_{ST} ein.

Durch eine exponentielle Kennlinie des Potentiometers wird erreicht, dass sich die Winkelstellung des Drehknopfes für bestimmte Helligkeitswerte nur geringfügig ändert, wenn der

Strom I_{ST} über das Elektronische Potentiometer z. B. durch

- Zuschaltung weiterer EVG
- Umrüstung auf EVG anderen Typs

usw. verändert wird.

Steuerstrom-Dimensionierung

Für die Steuerfunktion ist unerheblich, ob die angeschlossenen EVG für das Betreiben von ein oder zwei Leuchtstofflampen ausgelegt sind.

Allerdings sind die von den EVGs gelieferten Konstantströme I_{ST} – je nach Hersteller – unterschiedlich. Da das Elektronische Potentiometer Steuerströme $I_{ST\Sigma}$ von bis zu 40 mA aufnehmen kann, ist die Anzahl von steuerbaren EVG begrenzt. Die Tabelle zeigt einige Beispiele:

Hersteller	I_{ST} pro EVG	Max. Anz. EVG
Helvar	max. 1,0 mA	40
INSTA	max. 0,8 mA	50
Siemens	max. 0,8 mA	50
Osram	max. 0,6 mA	66

Minimale Helligkeit

Die Dunkelstellung der Leuchtmittel soll nicht mit dem Aus-Zustand der EVG verwechselt werden können (DIN EN 60669-2-1). Daher wird nach Installation der Beleuchtungsanlage mit einem Trimmwiderstand im Elektronischen Potentiometer eine noch gut erkennbare minimale Helligkeit eingestellt. Der Drehknopf des Potentiometers muss bei dieser Justage auf dem Minimalwert, also am linken Anschlag stehen.

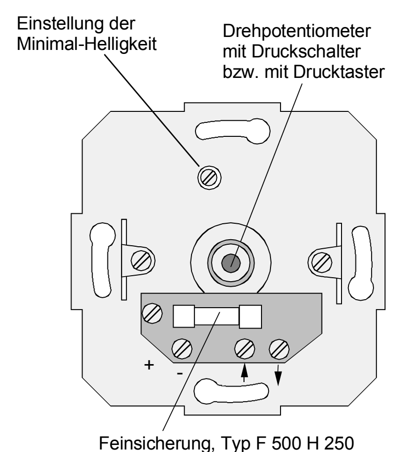


Bild: Elektronisches Potentiometer

Die maximal mögliche Anzahl von gleichzeitig gesteuerten EVG wird vom Schaltvermögen des Netzschalters und vom max. zulässigen Strom über das Elektronische Potentiometer bestimmt.

Anschlussleistung

Das Elektronische Potentiometer ist für das direkte Ein- und Ausschalten der EVG konzipiert. Der Nennstrom des Netzschalters von 6 A darf allerdings nicht überschritten werden. Ein Elektronisches Potentiometer kann also bei 230 V insgesamt 1380 VA schalten. Diese Leistung bezieht sich auf die Anschlussleistung inklusive der Leitungs- und EVG-Verluste. Grundsätzlich ist ein Verlustfaktor von 1,2 zu berücksichtigen, d. h. die Lampenlast kann max. 1150 VA betragen.

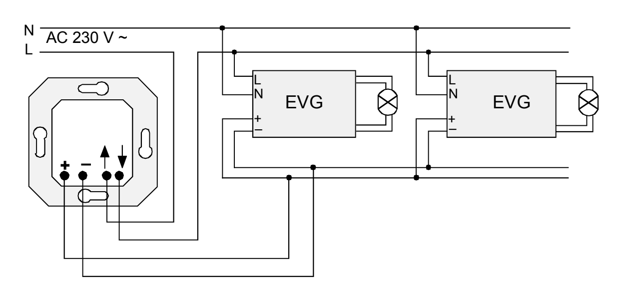


Bild: Grundschaltung Elektronisches Potentiometer mit Druckschalter

Beispiel: Eine Beleuchtungsanlage besteht aus 15 Leuchten mit je zwei Kompaktleuchtstofflampen 42 W. Die Lampenleistung beträgt 15 · 2 · 42 W = 1260 VA,
d. h. für die Anschlussleistung ergibt sich:
1260 W · 1,2 = 1512 VA.

Wenn die ermittelte Gesamtleistung 1380 VA übersteigt, ist die Netzspannung der EVG über ein Schütz mit entsprechendem Schaltvermögen zu schalten.

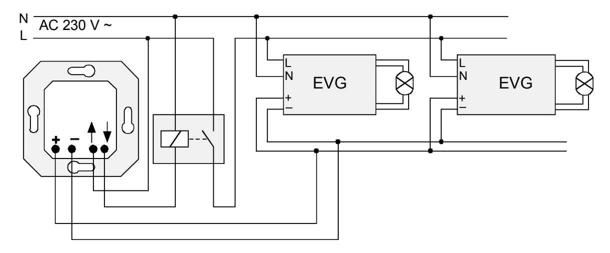


Bild: Schaltung Elektron. Potentiometer mit Druckschalter bei Lampenlast > 1150 W

Ein Betrieb mit Nebenstellen, die über vollen Funktionsumfang verfügen, ist nicht möglich.

Die Steuerfunktion im Elektronischen Potentiometer wird nicht über den Netzanschluss versorgt, sondern über den Steuerstrom.

So ist es möglich, die Versorgung der EVG über andere schaltungstechnische Einrichtungen, z. B. separate Wechselschaltungen, zu schalten und das Elektronische Potentiometer nur für die Einstellung der Steuerleitung zu verwenden. In diesem Fall werden die 230-V-Klemmen des Elektronischen Potentiometers nicht beschaltet.

Installationsregeln

Da das Steuerverhalten der EVG herstellerspezifisch ist und auch Leuchtstofflampen – je nach Hersteller und Typ – unterschiedliches Verhalten zeigen, sollten folgende Installationsregeln beachtet werden, um ein möglichst gleichmäßiges Zünd- und Dimmverhalten aller angeschlossenen Leuchtstofflampen zu erreichen:

1. Nur EVG eines Herstellers verwenden.

Nur EVG einheitlicher Leistung verwenden,
z. B. 1 x 36 W oder 2 x 36 W
oder 1 x 58 W oder 2 x 58 W

Nur Leuchtstofflampen eines Herstellers und Typs verwenden.

Die 1-10-V-Steuerleitung ist vom Netz galvanisch getrennt und darf nicht mit L oder N verschaltet werden. So ist auch die Steuerung von Lasten an verschiedenen Phasen möglich.

Verhalten bei Installationsfehlern

Ein Vertauschen der Netzeingänge des Elektronischen Potentiometers „↑" und „↓" ist unerheblich; die Funktion bleibt erhalten.

Bei Vertauschen der Steuerausgänge „+“ und „–“ des Elektronischen Potentiometers bleiben die Lampen aus oder leuchten extrem dunkel. Die Helligkeit kann nicht mehr eingestellt werden, Defekte treten jedoch nicht ein.

Vertauschen der Netzeingänge „↑" und „↓" mit den Steuerausgängen „+“ und „–“ führt zum Defekt des Elektronischen Potentiometers. Der Steuereingang ist deshalb gegen diese Form der Überlastung mit einer Feinsicherung abgesichert (F500/250 H). Durch das Auslösen der Feinsicherung werden Schäden an der nachgeschalteten Installation durch Brand und andere Gefahren vermieden. Ein anschließender Defekt des Elektronischen Potentiometers kann allerdings nicht ausgeschlossen werden.

1.7.2 Tast-Steuergerät für EVG 1-10 V

Das Tast-Steuergerät für EVG 1-10 V ist die Einbau-Variante des Elektronischen Potentiometers. Die Bedienung erfolgt über mechanische Taster. Die integrierte Steuerelektronik übernimmt die Auswertung „kurzer/langer Tastendruck“ und die Zuordnung zu den Aktionen Ein-/Ausschalten/ Dimmen. Schalten und Dimmen kann so über beliebig viele Stellen erfolgen, die alle die Funktion einer vollwertigen Bedienstelle haben. Es entfällt also die Unterscheidung zwischen Haupt- und Nebenstelle.

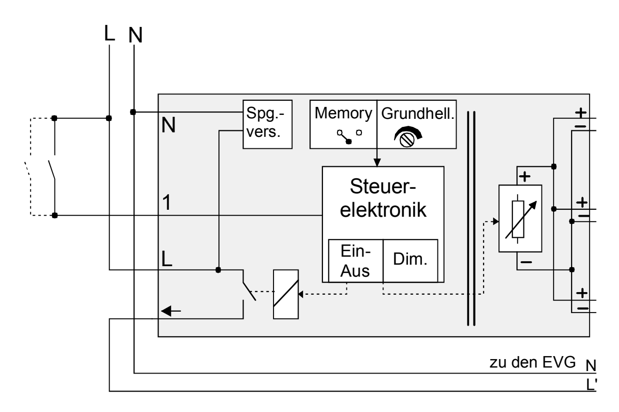


Bild: Tast-Steuergerät für EVG 1-10 V

Bei kurzem Tastendruck (< 0,4 s) schaltet das Gerät – je nach aktuellem Schaltzustand – die angeschlossenen Verbraucher ein oder aus. Ein langer Tastendruck (> 0,4 s) dimmt die Leuchten heller oder dunkler. Die Dimmrichtung wechselt dabei bei jeder Bedienung. Ein langer Tastendruck im ausgeschalteten Zustand schaltet die Leuchten ein und dimmt im Anschluss die Leuchten heller.

Mit dem Drehschalter „Memory“ kann das Einschaltverhalten gewählt werden:

- Memoryschalter = Off: Das Einschalten erfolgt mit maximaler Helligkeit. Die Dimmfunktion beginnt bei minimaler Helligkeit.
- Memoryschalter = On: Das Einschalten erfolgt mit der zuletzt eingestellten Helligkeit. Die Dimmfunktion beginnt ebenfalls bei der zuletzt eingestellten Helligkeit.

Bei der Installation der Beleuchtungsanlage muss mit dem Potentiometer „Grundhelligkeit“ eine noch gut erkennbare minimale Helligkeit justiert werden. Hierbei müssen die Leuchten auf die minimale Helligkeit („unterer Anschlag“) eingestellt werden.

Der Steuerausgang des Tast-Steuergeräts ist 3-fach ausgeführt, sodass drei EVG-Steuereingänge direkt angeschlossen werden können. Die maximale Anzahl von EVG, die angeschlossen werden können, richtet sich nach dem maximalen Steuerstrom des Steuerausgangs (200 mA) und der Schaltleistung des integrierten Relais (max. 2300 W).

Die Tabelle zeigt einige Beispiele für den Steuerstrom.

Hersteller	I_{ST} pro EVG	Max. Anz. EVG
Helvar	max. 1,0 mA	200
INSTA	max. 0,8 mA	250
Siemens	max. 0,8 mA	250
Osram	max. 0,6 mA	333

Anmerkungen:

- Es handelt sich bei den Steuerstromangaben um typische Werte; für die Anwendung sind die konkreten Werte der EVG aus der zugehörigen Produktdokumentation anzuwenden, die von diesen Angaben abweichen können.
- Wegen des Leitungswiderstandes darf die Leitungslänge zwischen EVG und Tast-Steuergerät max. 500 m (bei einem Leitungsquerschnitt von 0,5 mm²) betragen.

1.7.3 Leuchtstofflampen-Dimmer 1000 W

Das Dimmen mit speziellen Leuchtstofflampen-Dimmern wird in neuen Installationen nicht mehr praktiziert. Anwendungsbereiche sind heute:

- Ersatz für defekte Geräte in alten, bestehenden Beleuchtungsanlagen in 38-mm-Lampentechnik;
- nachgerüstete, modernisierte Beleuchtungsanlagen mit 26-mm-Lampentechnik und netzdimmbaren EVG, in denen die Installation einer 1-10-V-Steuerleitung nicht möglich bzw. zu aufwändig wäre;
- Dimmen ohmscher (Glühlampen-) Lasten bis 1000 W;
- Betrieb in Anlagen mit Netzabschaltautomat.

Leuchtstofflampen-Dimmer arbeiten nach dem Phasenanschnitt-Prinzip. Sie verfügen über eine zusätzliche Heizklemme, an die der für 38-mm-Lampen benötigte Heiztrafo angeschlossen wird. Duo- oder Tandem-Schaltung ist für Helligkeitssteuerung nicht möglich, d. h. für jede Lampe muss ein eigenes Vorschaltgerät installiert sein. Aufgrund der speziellen Lampentechnik ist die integrierte Feinsicherung (F3,15/250 E/SA) eine spezielle Sonderanfertigung (daher die Bezeichnung „SA"). Andere Typen dürfen nicht verwendet werden.

In jedem Fall wird – zusätzlich zur Leuchtstofflampe – eine „Ohmsche Grundlast" benötigt, die den Dimmer mit einer Mindest-Wirkleistung belastet.

Die Ohmsche Grundlast wird aus Gründen der Funkentstörung zur Schwingkreisbedämpfung benötigt. Zweckmäßigerweise sind als ohmsche Grundlast stets Glühlampen zu verwenden. Selbst hochbelastbare Widerstände sind hierfür nicht geeignet, denn sie sind entweder zu groß oder werden zu heiß. Außerdem muss die wirksame Belastung, die sich aus dem Widerstandswert (Ohm) ergibt, unterschieden werden von der gekennzeichneten Belastbarkeit (Watt). Ein Widerstand mit 25 W zulässiger Belastbarkeit muss keineswegs gleichzeitig eine Belastung von 25 W bei einer Wechselspannung von 230 V darstellen. Es sollten deshalb in keinem Falle andere Geräte anstelle von Glühlampen verwendet werden, selbst dann nicht, wenn sie als Grundlast bezeichnet sind.

Heiztrafo

Zur Helligkeitssteuerung einer Leuchtstofflampe ist es notwendig, die Elektrodentemperatur vom Lampenstrom unabhängig zu machen und die Lampe mit einer Zusatzheizung zu betreiben.

Die Ladungsträger in einer Leuchtstofflampe werden dadurch geliefert, dass die Elektroden auf Rotglut erhitzt werden (Thermo-Emission). Die Heizfäden in einer Leuchtstofflampe sind so dimensioniert, dass sie beim Betriebsnennstrom eine ausreichende Temperatur halten. Wird der Lampenstrom vermindert – z. B. durch Dimmen –, so reicht die Temperatur zur Thermo-Emission nicht mehr aus und die Lampe erlischt.

Die Zusatzheizung ist – unabhängig von den heute verfügbaren, unterschiedlichsten Lampentypen – grundsätzlich erforderlich, um einen möglichst weiten Helligkeitssteuerbereich zu erzielen und um einwandfreies Zündverhalten auch beim niedrigsten Helligkeitswert zu gewährleisten. Moderne EVG stellen die Elektrodenheizung sicher. In der klassischen 38-mm-Lampentechnik verwendet man Heiztransformatoren mit getrennten Sekundärwicklungen W_2 und W_3.

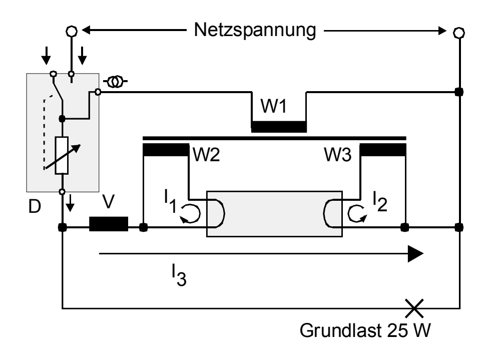


Bild: Leuchtstofflampe mit Heiztrafo und Dimmer

Da die Heizströme I_1 und I_2 vom Lampenstrom I_3 völlig unabhängig sind, bleiben die Elektroden nun selbst dann auf ausreichender Temperatur, wenn der Lampenstrom I_3 bis auf Null herabgesteuert wird.

Die Primärwicklung des Heiztrafos W_1 muss unbedingt vor dem Dimmer an der vollen Netzspannung liegen, damit unabhängig von der Dimmereinstellung immer die volle Heizspannung an den Elektroden liegt. Der Starter entfällt in dieser Schaltung. Damit die Leuchte komplett ausgeschaltet werden kann, muss ein Dimmer D eine Klemme für den Heiztransformator besitzen.

Bei Serien- und Kreuzschaltung ist es – im Gegensatz zum Glühlampendimmer – nicht mehr gleichgültig, wie der Dimmer in die Installation eingefügt wird: Er muss unmittelbar vor der Lampe installiert werden, weil an der ∞-Klemme die „ungedimmte" Phase benötigt wird zum Anschluss des Heiztransformators. Wenn der Leuchtstofflampen-Dimmer auf der Phasenseite eingebaut wird, liegt an der ∞-Klemme nicht mehr die volle Phasenspannung, sondern nur noch die herabgeregelte ("gedimmte").

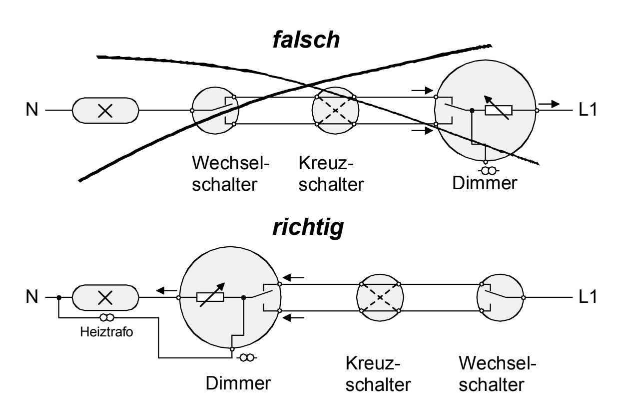


Bild: Falschinstallation eines Leuchtstofflampen-Dimmers

Die Spannung, die durch W_2 und W_3 an den Heizkreisen anliegt, beträgt ca. 5 V. Dünne Staub- oder Oxidschichten an den Lampenkontakten, die in der normalen Schaltung durch die Netzspannung leicht überwunden werden, wirken hier leicht als Stromkreisunterbrechung. Beim Leuchtstofflampenbetrieb mit Heiztransformator ist deshalb auf extrem saubere Fassungskontakte zu achten.

Zündhilfen

Um ein besseres Zünden der Lampe zu erreichen, benötigt man bei Trafobetrieb sogenannte Zündhilfen. Im Dimmerbetrieb soll die Lampe ja – auch bei Dunkelstellung! – möglichst noch mit Spannungen zünden, die nur wenig über der Lampenbrennspannung liegen.

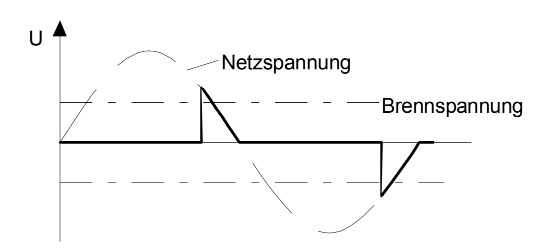


Bild: Spannungsverlauf Leuchtstofflampe

Bei der verhältnismäßig langsamen Netzfrequenz von 50 Hz verlischt die Gasentladung am Ende jeder Halbwelle und muss bei der nächsten wieder neu gezündet werden. Im EVG-Betrieb ist die Lampenfrequenz so hoch, dass die Gasentladung nicht verlischt; Wiederzünden entfällt.

Damit das auch beim Dimmen flackerfrei (ohne Aussetzer) 100-mal pro Sekunde funktioniert, legt man außen auf die Lampe eine Hilfselektrode. Diese Hilfselektrode bildet eine Kapazität zu den beiden Hauptelektroden (Heizfäden). Weil nun mindestens die halbe Lampenspannung U auf der kurzen Entfernung zwischen Heizfaden und Hilfselektrode wirksam ist, ergeben sich ausreichend große Feldstärken (V/cm), um eine Zündung einzuleiten.

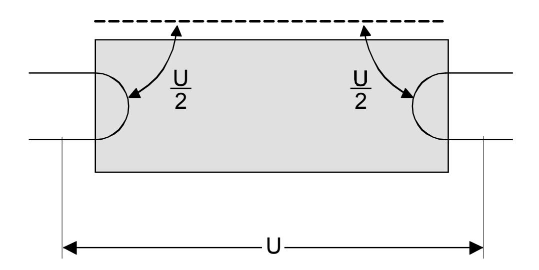


Bild: Leuchtstofflampe mit Zündhilfe

Ohne diese Hilfselektrode läge die volle Lampenlänge zwischen den beiden Elektroden und es ergäbe sich eine wesentlich kleinere elektrische Feldstärke. Es ist daher leicht einzusehen, dass die Zündhilfe umso wichtiger ist, je länger die Lampe ist.

Bei den 38-mm-Speziallampen ist die Hilfselektrode bereits vom Hersteller als Zündstreifen aufgelegt bzw. eingebrannt. Er ist ggf. gemäß Herstellerangabe aus Sicherheitsgründen zu erden oder mit einem am Vorschaltgerät hierfür vorgesehenen Hilfspotential-Anschluss zu verbinden.

Unterhalb der Brennspannung erlischt die Leuchtstofflampe. Leuchtstofflampen-Dimmer besitzen deshalb ein Trimmpoti, mit dem der Dimmer so einzustellen ist, dass die Lampen in Dunkelstellung nicht verlöschen und noch nicht flackern.

Dimmen mehrerer Leuchtstofflampen

Bestimmende Parameter für das Dimmverhalten von Leuchtstofflampen sind Brenn- und Zündspannung von Leuchtstofflampen, die wiederum abhängig sind von z. B. Gasdruck, Füllgasreinheit, Lampenlänge, Bauart und sogar der Lampenbrenndauer. Da diese Größen teilweise Hersteller spezifisch sind, kann man gleichartiges Dimmverhalten mehrerer Leuchtstofflampen auch nur von gleichartigen Lampen erwarten (gleicher Röhrentyp vom gleichen Hersteller, gleiches Lebensalter),

Dimmen mit Elektronischen Vorschaltgeräten

Die physikalischen Vorgänge innerhalb einer Leuchtstofflampe sind sehr stark von der Lampengeometrie, d. h. von Lampenlänge und -durchmesser, abhängig. Grundsätzlich steigt die Brennspannung der Lampe bei Verringerung des Lampendurchmessers. Während spezielle Bauformen der „alten“ 38-mm- (T12-) Lampen sich mit der beschriebenen Technik dimmen lassen, ist dies bei geringeren Durchmessern nicht möglich.

Die Helligkeitssteuerung von Lampen mit geringeren Durchmessern (T8- oder T5-Lampen) ist nur mit Hilfe von elektronischen Vorschaltgeräten (EVG) möglich. Einige Sonderbauformen von EVG lassen sich auch im Phasenanschnitt dimmen. Hierfür ist unbedingt auf die Angaben des EVG-Herstellers bezüglich Dimmbarkeit zu achten!

Ein EVG erzeugt zunächst aus der Netzspannung eine Gleichspannung, die dann ein elektronischer Wechselrichter in die hochfrequente Lampenbetriebsspannung umsetzt. Die Begrenzung des Lampenstromes wird vom EVG übernommen, sodass ein konventionelles Kupfer-Eisen-Vorschaltgerät entfallen kann. So erhält man eine wesentlich geringere Verlustleistung eines EVG im Vergleich zur Kupfer-Eisen-Drossel; es wird Strom gespart und das Gerät wird nicht so heiß.

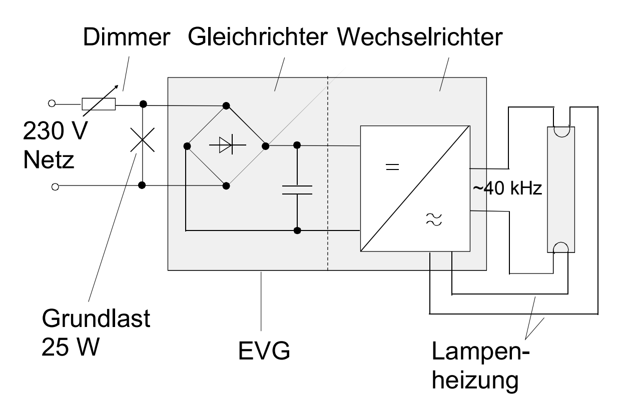


Bild: EVG für Leuchtstofflampen – Prinzip

Die Betriebsfrequenz der Lampenspannung liegt außerhalb des Hörbereichs und beträgt ca. 40...100 kHz.

Ein separater Heiztransformator ist nicht erforderlich, da das EVG auch die Heizspannung zur Verfügung stellt. Die Leitung für die Heizspannung vom Dimmer zur Leuchte entfällt ebenso. Die ohmsche Grundlast wird allerdings weiterhin benötigt.

Da ein EVG kaum Blindströme erzeugt, wirkt es nahezu wie ein ohmscher Verbraucher ($\cos \varphi > 0{,}95$), sodass Kompensations-Kondensatoren entfallen können. Deshalb dürfen an einen Dimmer auch mehr Lampen mit EVG angeschlossen werden als in herkömmlichen Helligkeitssteuer-Anlagen.

1.8 Universaldimmer
1.8.1 Arbeitsweise von Universaldimmern

Universaldimmer messen beim erstmaligen Einschalten die Charakteristik der angeschlossenen Last und wählen anschließend selbst das geeignete Dimmprinzip Phasenan- oder -abschnitt.

Universaldimmer empfehlen sich deshalb vor allem dann, wenn die zu dimmende Last noch nicht spezifiziert wurde – sei es, weil die Lichtplanung noch nicht fertig ist, oder wenn die Austauschbarkeit von Leuchtmitteln (Niedervolt-Lampen mit gewickeltem oder TRONIC-Trafo oder Hochvolt-Lampen) gewährleistet sein soll.

Für den Installateur vereinfacht sich vor allem die Lagerhaltung und die Handhabung auf der Baustelle.

Lastarten

Man unterscheidet zwischen

- induktiver Last,
- kapazitiver Last, und
- ohmscher Last.

Induktive Lasten setzen schnellen Spannungsänderungen einen Widerstand entgegen und wollen den aktuellen Stromflusszustand beibehalten. Der Strom eilt der Spannung nach; schnelle Spannungsänderungen werden langsam mitgemacht („Tiefpassverhalten“). Das Phasenabschnittprinzip ist hier ungeeignet, weil die Induktivität den aktuellen Strom beibehalten will und beim plötzlichen Ausschalten des Stroms als zusätzliche Spannungsquelle wirkt. Die entstehende Überspannung könnte den MOSFET schädigen.

Bei kapazitiven Lasten eilt der Strom der Spannung vor. Einschaltflanken mit verhältnismäßig hoher Spannung erzeugen hochfrequente Schwingungen, die die Lampen flackern lassen und die Bauelemente zu störenden Brumm- und Pfeiftönen anregen. Hohe Einschaltströme können die Kapazitäten in den Lasten schädigen.

Für ohmsche Lasten sind beide Dimmprinzipien geeignet. Das Phasenanschnitt-Prinzip bietet für Glühlampen ein schonenderes Einschaltverhalten.

Aufbau

Die wesentlichen Elemente eines Universaldimmers sind Leistungsteil, Steuerelektronik und Betätigungselement(e). Das Leistungsteil muss den Stromfluss durch die Last ein- und wieder ausschalten, sodass Triac oder Thyristoren also nicht in Frage kommen. Typischerweise werden hier Leistungs-MOSFET verwendet, von denen immer nur einer durchgesteuert ist, während bei dem anderen die Inversdiode leitend ist.

Aufgabe der Steuerelektronik ist neben der Ansteuerung des Leistungsteils im Phasenan- bzw. -abschnitt vor allem das Erkennen des Netzspannungsnulldurchgangs und das Abfragen der Bedienelemente.

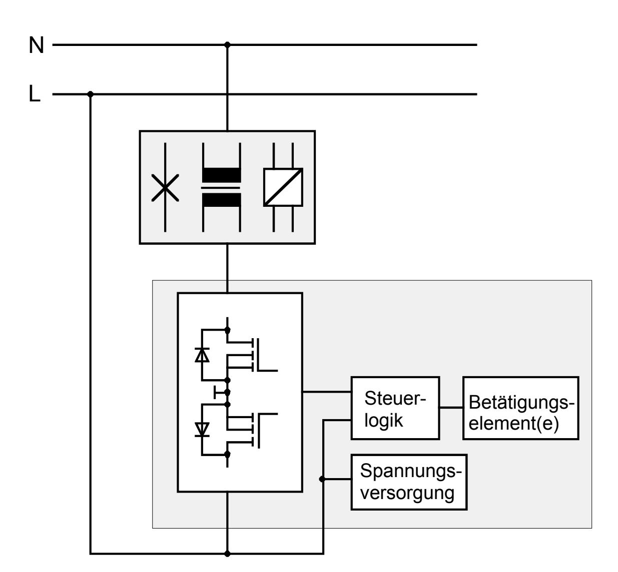


Bild: Universaldimmer Blockschaltbild

Einmessen auf die Last

Zu Beginn des Betriebs messen Universaldimmer die Charakteristik der angeschlossenen Last. Der Benutzer kann dies als kurzzeitiges Lampenflackern erkennen.

Bisher bekannte Verfahren schalten den Strom durch die Last kurzzeitig ein und messen die beim Ausschalten induktiver Lasten auftretende Überspannung. Bei Auftreten einer Überspannung wird der Dimmer im Phasenanschnitt betrieben, sonst im Phasenabschnitt.
Nachteil hierbei ist, dass die – absichtlich herbeigeführte – Überspannung die Halbleiterschalter bzw. ihre Überspannungsschutzelemente (Varistoren) bereits bei der Inbetriebnahme schädigen kann. Wird außerdem – aufgrund eines nicht erkannten Installationsfehlers oder sekundärseitig durchgebrannter NV-Lampen – ein konventioneller Transformator im Leerlauf betrieben, kann der Dimmer sogar bleibend zerstört werden.

Um die beschriebenen Fehlerquellen zu umgehen, wurde ein neues Verfahren zur Lasteinmessung entwickelt:

Zur Lasterkennung synchronisiert sich der Dimmer zunächst mit der Netzfrequenz (50 Hz). Anschließend schaltet er zu einem festgelegten Zeitpunkt der Netzhalbwelle den Stromfluss ein und im darauf folgenden Stromnullgang wieder aus. Dabei wird die Zeitspanne zwischen Ein- und Ausschalten gemessen und mit der vorher synchronisierten Netzfrequenz verglichen. Bei induktiven Lasten wird sich der erwartete Zeitpunkt des Ausschaltens verschieben.

Um diesen Effekt hervorzuheben, wird der Halbleiterschalter nicht in der darauffolgenden Netzhalbwelle eingeschaltet, sondern nur in ungeradzahligen Vielfachen. Dadurch fließt in der Last ein pulsierender Gleichstrom, dessen Gleichstromanteil die induktiven Eigenschaften eines konventionellen Transformators verstärkt.

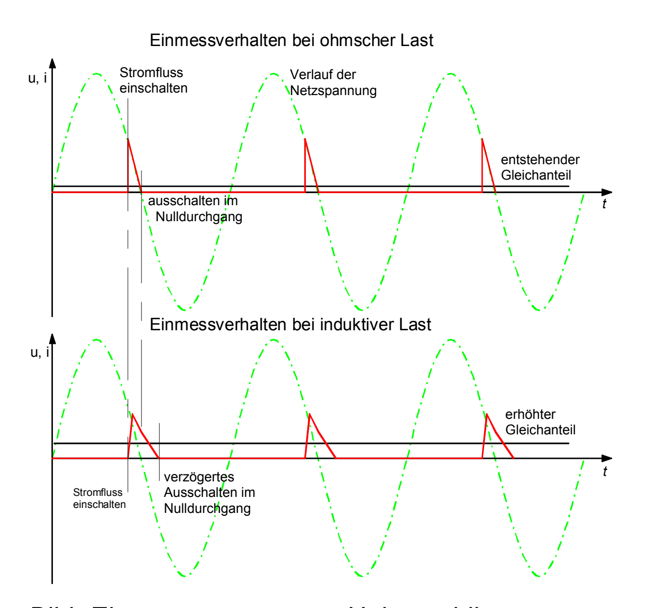


Bild: Einmessvorgang von Universaldimmern

Nach dem Erkennen der Last wählt der Universaldimmer das Dimmprinzip aus:

- Für ohmsch-induktive Last Phasenanschnitt,
- für ohmsch-kapazitive Last Phasenabschnitt,
- für ohmsche Last (Standard- oder HV-Glühlampen) ebenfalls Phasenabschnitt.

Dimmen gemischter Lasten

Ohmsche Lasten dürfen mit induktiven oder kapazitiven Lasten gemischt betrieben werden, solange die zugelassene Maximallast nicht überschritten wird. Um allerdings induktive Lasten zuverlässig erkennen zu können, soll der Anteil ohmscher Last nicht mehr als 50% der Gesamtleistung betragen.

Induktive und kapazitive Lasten dürfen nicht gemeinsam betrieben werden!

Bei gemischten L-C-Lasten würde der Universaldimmer – je nachdem, welches Lastverhalten dominiert – ein Dimmprinzip auswählen. Für eine Last wäre es auf jeden Fall das falsche: Phasenanschnitt erzeugt durch die kapazitive Last einen großen Einschaltstrom und Schwingungen, beim Phasenabschnitt erzeugt die induktive Last entsprechende Überspannungen, die den Halbleiterschalter schädigen können. Zudem würden sich zwischen den Lasten Blindströme ausbilden, die zu Schwingungen, Lampenflackern, Geräuschbildung bis zur Zerstörung von Anlagenteilen führen können.

1.8.2 Universal-Drehdimmer mit Inkrementalgeber

Der Universal-Drehdimmer mit Inkrementalgeber ist ein elektronisches Unterputzgerät. Wesentliche Bedienelemente sind

- der Drehknopf mit einem Drehwinkel von 360°, d. h. es gibt keinen mechanischen Endanschlag mehr, und
- die Bedientaste, die nicht mehr als mechanischer Schalter ausgeführt ist.

Der Dimmer enthält einen Mikrocontroller, der Bedienungen erkennt und in entsprechende Aktionen umsetzt, den Einmessvorgang auf die Last vornimmt und den Dimmvorgang selbst steuert. Während bisherige Drehdimmer als Stellelement ein Drehpotentiometer besitzen, benutzt der Universal-Drehdimmer einen Inkrementalgeber, der durch den Mikrocontroller ausgewertet wird. Hiermit wird es möglich, dass der Dimmer auch über Nebenstellen mit der vollen Funktionalität betrieben werden kann.

Inkrementalgeber

Inkrementalgeber sind als ohmsche oder optische Sensoren verfügbar. Beiden Bauarten gemeinsam ist, dass eine Bewegung am Betätigungselement und deren Richtung erkannt wird.

Aufgabe des Inkrementalgebers ist das Erkennen einer Drehbewegung am Stellrad. Um auch die Drehrichtung zu erfassen, enthält der Inkrementalgeber zwei Schleifkontakte, die auf einer unterbrochenen Schleiferbahn liegen.

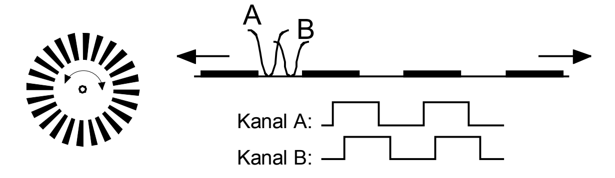


Bild: Prinzip eines Inkrementalgebers

Die beiden Schleifer sind versetzt angeordnet und erzeugen zwei um 90° phasenverschobene Rechtecksignale. Je nach Drehrichtung – rechts

oder links herum – werden so unterschiedliche Bitmuster erzeugt:

Rechtsdrehung		Linksdrehung	
Kanal A	Kanal B	Kanal A	Kanal B
0	0	0	0
0	1	1	0
1	1	1	1
1	0	0	1

Die Impulse des Inkrementalgebers werden vom integrierten Mikrocontroller verarbeitet und in die entsprechenden Dimmaktionen umgesetzt.

Je nach langsamer oder schneller Bedienung erfolgt das Dimmen mit unterschiedlicher Geschwindigkeit: Bei schneller Bedienung dimmt der Dimmer von maximaler auf minimale Helligkeit mit einer Umdrehung, bei langsamer Bedienung mit zwei Umdrehungen.

Ein Endanschlag im bisherigen Sinne existiert nicht. Die maximale bzw. minimale Helligkeit wird bei weiterem Drehen beibehalten.

Die Lampen können auf drei verschiedene Arten eingeschaltet werden:

- Betätigen der Bedientaste: Der Dimmer schaltet mit der letzten Helligkeit ein.
- ¼-Drehung nach links und Betätigen der Bedientaste: Minimalhelligkeit
- ¼-Drehung nach rechts und Betätigen der Bedientaste: Maximalhelligkeit

Betrieb mit Nebenstellen

Der Universal-Drehdimmer kann über Nebenstellen in der gleichen Weise wie der Dimmer selbst geschaltet und gedimmt werden. Hierfür ist ausschließlich die hierfür vorgesehene Nebenstelle mit Inkrementalgeber zu verwenden; Tastdimmer-Nebenstellen können nicht verwendet werden.

Die Nebenstelle für den Universal-Drehdimmer hat die gleichen Bedienelemente wie der Drehdimmer selbst: Drehknopf mit 360°-Drehbereich und Bedientaste. Die Nebenstelle benötigt zum Betrieb L- und N-Leiter. Dimmer-Haupt- und Nebenstelle werden über die Klemmen „S“ miteinander verbunden.

Eine Hauptstelle kann mit bis zu 5 Nebenstellen verbunden werden. Die Gesamtlänge der mit der Klemme „S“ verbundenen Leitungen darf 100 m betragen.

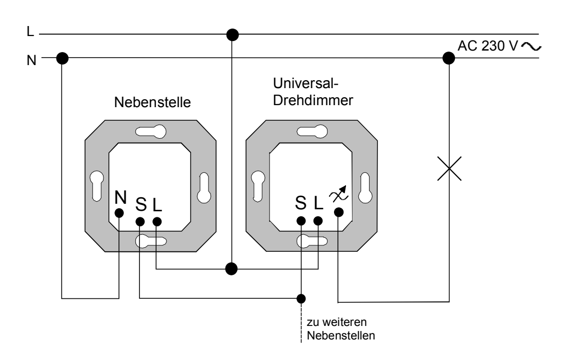


Bild: Universal-Drehdimmer mit Nebenstelle

Aufgabe der Nebenstelle ist – neben der Eigenversorgung – die Erkennung der Bedienungen und deren Übermittlung an die Hauptstelle. Es müssen hierbei fünf verschiedene Befehle unterschieden werden:

- Schalten (Ein bzw. Aus)
- Heller dimmen, langsam
- Heller dimmen, schnell
- Dunkler dimmen, langsam
- Dunkler dimmen, schnell

Das Signal der Nebenstelle wird in geeigneter Weise codiert. Damit das Dimmen auch synchron zur Bewegung des Stellrades erfolgt, werden die Dimmbefehle entsprechend der Anzahl der Rastungen des Stellrades übertragen. Um all diesen Aufgaben gerecht zu werden, enthält die Nebenstelle ebenfalls einen Mikrocontroller. Bezugspotential ist hierbei L; für die Nebenstellenleitung gelten also die gleichen Anforderungen an die Isolierung wie für 230-V-Leitungen.

Bei gleichzeitiger Bedienung von Dimmer-Haupt- und Nebenstelle wird das Signal der Hauptstelle ausgewertet.

Schutzmechanismen

Universal-Dimmer besitzen die bekannten Schutzfunktionen der TRONIC-Dimmer.

Bei zu hoher Übertemperatur schaltet der Dimmer die Last ab. Ein Wiedereinschalten ist erst nach Abkühlung wieder möglich.

Universal-Dimmer sind kurzschlussfest und benötigen daher keine Schmelzsicherung. Der Dimmer misst im Betrieb den fließenden Strom. Sobald der Strom einen Grenzwert überschreitet, wird der Laststromkreis abgeschaltet. Das bedeutet andererseits, dass der Stromkreis nicht galvanisch aufgetrennt wird, und ggf. an einer durchgebrannten Lampe die volle Netzspannung liegt.

Liegt der Fehlerfall kürzer als 7 s (Phasenabschnitt) bzw. 0,1 s (Phasenanschitt) vor, schaltet der Dimmer automatisch wieder ein; andernfalls schaltet er bleibend ab und muss manuell wieder eingeschaltet werden.

Beim Kurzschluss erkennt der Universaldimmer den überhöhten Strom und schaltet die Halbleiterschalter ab. Anschließend schaltet er „probeweise“ den Stromfluss kurzzeitig wieder ein; liegt der Kurzschluss immer noch vor, schaltet er wieder ab. Im Phasenanschnittbetrieb werden hierbei – aufgrund der zum Einschaltzeitpunkt erheblich höheren Spannung (30...300 V) – erheblich höhere Ströme in der Last erzeugt als im Phasenabschnittbetrieb. Bei letzterem erfolgt das Einschalten im Nulldurchgang (0 V); Überschreiten des Kurzschlussstroms (z. B. 20 A) kann bereits erkannt werden, wenn die Netzspannung erst einige Volt erreicht hat. Die Zeit 0,1 s, die der Fehler im Phasenanschnittbetrieb vorliegen darf, entspricht 10 Netzspannungshalbwellen und somit 10 „Kurzschlusstests“. Bei mehr Versuchen würden die Halbleiterschalter unzulässig aufgeheizt und beschädigt.

1.9 Dimmer mit Tastbedienung

Bei den „klassischen“ Dimmern mit Drehknopf hängt die Lampenhelligkeit – also der Zeitpunkt, wann ein Triac im Verlauf der Netzspannungs-halbwelle leitend wird – von der Stellung des Potentiometers ab. Um eine Helligkeitsänderung zu bewirken, muss am Knopf gedreht werden, wodurch sich die Position des Potentiometer-Schleifers verstellt. Zur Speicherung und Änderung des Helligkeitswertes dient folglich eine mechanische Vorrichtung. Dimmer mit Dreh-knopf werden deshalb häufig auch als „mechanische Dimmer“ bezeichnet.

Nachteil von mechanischen Dimmern ist die eingeschränkte Nebenstellenfähigkeit. Mit Serien- und Kreuzschaltung sind zwar mehrere Bedienstellen möglich; die Helligkeit kann jedoch nur am Dimmer selbst verändert werden.

Bei vollelektronischen Dimmern übernimmt eine elektronische Steuerschaltung die Funktion des Potentiometers. Der Vorteil einer solchen Steuer-schaltung liegt darin, dass Schalt- und Dimm-vorgänge nicht nur lokal über manuelle Betäti-gungselemente eingeleitet werden können, sondern auch fernbedienbar durch elektrische Signale.

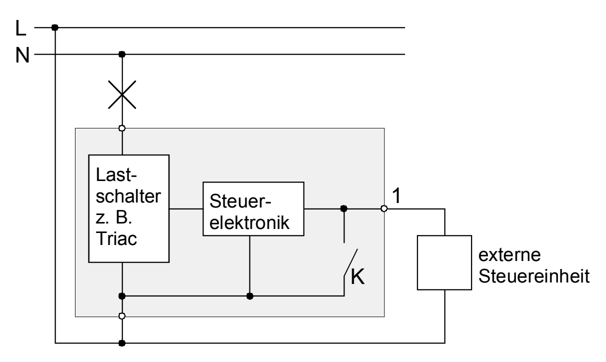


Bild: Elektronischer Dimmer – Blockschaltbild

Der prinzipielle Aufbau eines elektronischen Dimmers ist im Blockschaltbild gezeigt. Der Lastschalter, z. B. ein Triac, wird angesteuert von der Steuerelektronik. Sie ist beeinflussbar über ein Betätigungselement, z. B. eine Kurzhubtaste oder eine externe elektrischen Steuereinheit. Da diese auf Licht, Schall oder andere physikalische Größen reagieren kann, lassen sich mit diesen Installationsgeräten ganz neue Effekte erzielen.

System-2000-Tastdimmer

Frühere Bauarten von Tastdimmern wurden über eine 1-flächige Taste bedient, über die die Aktionen „Ein-/Ausschalten“ und „heller/dunkler dimmen“ ausgelöst wurden. Nachteil dieser Bedienphilosophie ist, dass diese Geräte nicht so intuitiv begreifbar sind wie normale Lichtschalter oder Drehdimmer. Mit den Tastdimmern des „System 2000“ wurde eine 2-flächige Bedienung eingeführt, die auch an den angeschlossenen Nebenstellen zur Verfügung steht.

Folgende Geräte sind erhältlich:

- Niedervolt-Tastdimmer für Glühlampen, Hochvolt-Halogenlampen und Niedervolt-Halogenlampen mit induktivem Trafo;
- Universal-Tastdimmer für Glühlampen, Hochvolt-Halogenlampen und Niedervolt-Halogenlampen mit induktivem oder TRONIC-Trafo.

Die Dimmgeräte des System 2000 bestehen aus einem Leistungseinsatz und einem Bedienaufsatz. Im einfachsten Fall dient eine Kurzhubtaste als Bedienaufsatz – letztlich ein mechanischer Taster. Durch Austauschen des Aufsatzes entstehen Funk-Dimmer, Automatik-Dimmer (PIR), Präsenz-melder mit Dimmfunktion bis hin zur Einbeziehung in komplexe Lichtsteuersysteme.

Vorteile für den Kunden sind Bedienkomfort, Flexibilität, komfortable Nebenstellenfähigkeit und Austauschbarkeit (des Bedienelements, des Leistungsteils, des Leuchtmittels); Vorteile für den Installateur sind vereinfachte Installation, Wartungsfreiheit (kein Sicherungswechsel beim Universal-dimmer) und vereinfachte Lagerhaltung.

Funktion, Bedienphilosophie und Technik der „System 2000“-Tastdimmer sind im Kapitel „Unterputz-Baukasten System 2000“ ausführlich erläutert. Im folgenden wird allgemein die Funktionsweise von Tastdimmern erläutert.

1.9.1 Arbeitsweise von Tastdimmern

Schalt- wie auch Dimmbefehle lassen sich durch unterschiedlich lange Betätigungen einer Kurz-hubtaste, im Prinzip ein mechanischer Taster, auslösen. Auswertung der Bedienung und An-steuerung des elektronischen Schalters über-nimmt eine Steuerelektronik. Beim „System 2000“ werden die folgenden Bedienungen unterschieden:

- Eine kurze Betätigung bedeutet Schalten.
- Eine lange Betätigung bedeutet Dimmen und es ändert sich die Helligkeit. Wird ein Dimmvorgang unterbrochen, bleibt die Helligkeit auf dem zuletzt erreichten Wert stehen.
- Eingeschaltet; Betätigung > 3 s: Der aktuelle Helligkeitswert wird gespeichert und beim Wiedereinschalten abgerufen.

Aufgaben der Steuerelektronik

In der Steuerelektronik z. B. eines Phasenanschnitt-Dimmers mit Triac muss eine Fülle unterschiedlicher Betriebszustände verwaltet werden:

1. Schaltbefehl „Aus“ bedeutet: Der Triac darf keine Zündimpulse erhalten.
2. Schaltbefehl „Ein“ bedeutet: Auf volle Helligkeit schalten, d. h. der Triac muss fortwährend, möglichst gleich zu Beginn einer jeden Netzspannungshalbwelle, einen Zündimpuls erhalten.
3. Schaltbefehl „Dimmen“ bedeutet: Die Lage der Zündimpulse verschiebt sich mit angemessener Geschwindigkeit und durchläuft den gesamten Steuerbereich zwischen minimaler und maximaler Helligkeit.
4. Helligkeitswert konstant halten: Zündimpulse müssen den Triac mit ent-sprechend konstanter Verzögerung in jeder Netzspannungshalbwelle einschalten.

Die Signalauswertung kann erst nach Ablauf der jeweiligen Betätigungszeit entscheiden, ob es sich um einen Schalt- oder Dimmbefehl handelt. Ein Schaltbefehl wird deshalb erst beim Loslassen der Kurzhubtaste ausgeführt. Ein Dimmvorgang setzt mit einer Verzögerung von 0,4 Sekunden ein.

Die Geschwindigkeit der Helligkeitsänderung wird von den Signalen der Taktfrequenz-Aufbereitung bestimmt. Diese Signale werden ebenfalls aus der Netzfrequenz gewonnen. Folgt auf einen Dimmvorgang ein Schaltbefehl, so bewirkt dieser stets das Ausschalten des Tastdimmers.

Um große Ströme beim Einschalten der kalten Lampen zu reduzieren, verfügt die Steuerelektronik über einen „Softstart“, der beim Einschalten den Zündzeitpunkt (beim Triac) bei minimaler Helligkeit beginnend kontinuierlich bis zum Endwert hin verändert.

Ein Softstart bis zur maximalen Helligkeit dauert 380 ms. Lampen und Elektronik werden auf diese Weise geschont.

Damit Netzstörungen nicht zur Wirkung kommen, werden die Netzspannungsnulldurchgänge als Referenz genommen, wo praktisch keine Störspannungen durch Schaltvorgänge anderer netzbetriebener Geräte entstehen.

Leider können jedoch die von den Elektrizitätsleitungen für Fernschaltzwecke dem Netz mit hoher Leistung aufgezwungenen Rundsteuerimpulse durchaus mit den Nulldurchgängen zusammenfallen. In diesen Fällen können Fehlzählungen im Steuer-IC entstehen. Die Folge sind unregelmäßige Triac-Zündungen mit entsprechenden Flackererscheinungen, die jedoch anschließend wieder verschwinden.

Derart aufwendige Steuerschaltungen wären in sog. diskreter Bauweise mit Transistoren, Dioden, Widerständen und Kondensatoren kaum realisierbar; hierfür stünde in einem Installationsgerät nicht genügend Platz zur Verfügung. Deshalb wird die gesamte Steuerelektronik zu einer Integrierten Schaltung IC (engl. Integrated Circuit) zusammengefasst. Dennoch werden diverse zusätzliche externe Bauteile zur Komplettierung des Tastdimmers benötigt, wie z. B. für die Stromversorgung dieses Steuerbausteines. Die Gleichspannung von typisch 5 V muss aus der Netzspannung gewonnen werden.

Bedienungselemente

Entsprechend der Philosophie des System 2000 ist die Bedienung des Tastdimmers über eine Kurzhubtaste oder über Funk möglich. Es ist aber ebenso möglich, einen Automatikschalter- oder Präsenzmelder-Aufsatz zu verwenden.

Mit der Nebenstellentechnik ist es möglich, von praktisch beliebig vielen parallelgeschalteten Tastern sowohl Schalt- als auch Dimmbefehle auszulösen. Da nur zwei Verbindungsleitungen zu externen Tastern erforderlich sind, können vorhandene Kreuz- und Wechselschaltungen äußerst einfach ohne Installationsänderung umgerüstet werden.

1.10 Einbau- und Reiheneinbau-Dimmer

Durch die auftretende Wärmeentwicklung ist die in einer Unterputz-Dose dimmbare Leistung begrenzt. Bei mehr als 600 VA werden z. B. besondere Kühlkörper benötigt, die das Schalter-Design beeinträchtigen können. Die dimmbare Leistung muss sogar reduziert werden, wenn die Umgebungstemperatur über 25°C liegt, der Einbau in Mehrfachkombinationen erfolgt oder – anstelle in massiver Steinwand – in Gipskarton- oder Holzwand.

Zum Dimmen höherer Leistungen (bis 700 W) mit einem Gerät wurden Dimmer für den Decken- (EB) und Verteilereinbau (REG) entwickelt.

Der TRONIC-Einbau-Dimmer besitzt ein Einbaugehäuse, wie es von den TRONIC-Trafos bekannt ist, und wird bei der Installation ebenfalls zu den Trafos in die Zwischendecke gelegt oder auf Putz montiert.

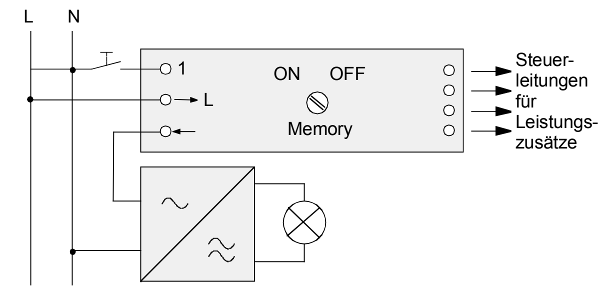


Bild: TRONIC-EB-Dimmer

Der TRONIC-Reiheneinbau-Dimmer wird in Anlagen eingesetzt, in denen größere Leistungen gesteuert werden und die Leistungsteile zentral zugänglich sein sollen, z. B. in Gaststätten.

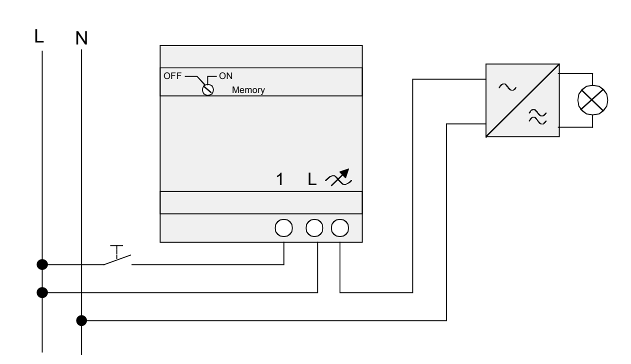


Bild: TRONIC-REG-Dimmer

Einbau- und Reiheneinbau-Dimmgeräte besitzen kein eigenes Bedienelement (Stellrad, Taste), sondern werden über einen – oder mehrere – Taster am Nebenstelleneingang angesteuert. Funktionsweise und interner Aufbau ist somit ähnlich dem Unterputz-Tastdimmer.

Kurzbetätigung einer Bedientaste schaltet die angeschlossenen Lampen ein und aus, lange Betätigung dimmt die Lampen stufenlos.

Mit der Memory-Funktion ist das Einschalten auf volle oder zuletzt genutzte Helligkeit einstellbar. Damit kann eine vorher ausgewählte Lichtstimmung beim Einschalten sofort wieder angesprochen werden. Hierzu muss der integrierte Drehschalter „Memory“ in die Position „ON“ gebracht werden. Dieser Drehschalter ähnelt einem Potentiometer; in den Positionen außerhalb der Endanschläge ist aber eine ordentliche Funktion nicht gegeben.

Die Installation kann mit mehreren Bedienstellen erfolgen. Die Taster legen die Netzspannung für die Dauer der Tastenbetätigung auf den Nebenstelleneingang „1“ des TRONIC-Einbaudimmers. Der Dimmer wertet diesen Impuls aus und reagiert mit entsprechenden Schalt- und Dimmvorgängen.

Als Bedienelemente können handelsübliche mechanische Taster eingesetzt werden. Die Nebenstellen des UP-Baukastens „System 2000“ sind hierfür nicht geeignet, da sie nicht die komplette Netzspannung auf den Nebenstelleneingang legen.

Installation der Einbau-Geräte

Für den TRONIC-Einbau-Dimmer 700 W gelten die gleichen Einbauregeln wie für die TRONIC-Trafos. Sie sind zum Einbau in Zwischendecken mit Mindestdeckenöffnung von Ø 63mm oder zur Aufputzmontage geeignet.

An die Einbau-Geräte dürfen angeschlossen werden:

- max. 4** 200 W TRONIC-Trafos
- max. 5** 150 W TRONIC-Trafos
- max. 7** 105 W TRONIC-Trafos
- max. 10 70 W TRONIC-Trafos
- max. 20 40 W TRONIC-Trafos

  **: die Gesamtlampenlast darf 700 W nicht übersteigen
- beliebige 230-V-Allgebrauchs- oder Halogen-Glühlampen bis zu 700 W Gesamtleistung.
- Mischbetrieb von TRONIC-Trafos unterschiedlicher Leistung oder von TRONIC-Trafos mit 230-V-Allgebrauchs- oder Halogen-Glühlampen bis 700 W Gesamtleistung.

TRONIC-Einbau-Dimmer sind bis zu einer Umgebungstemperatur t_a = max. 45 °C betreibbar. In diesem Fall kann eine Gehäusetemperatur t_c = max 70 °C erreicht werden. Wenn in einer Installation diese Temperaturen stark überschritten werden, schaltet ein integrierter Bimetallschalter den Stromfluss aus, da Übertemperatur zu Gerätedefekten führen kann. Die Geräte werden erst wieder eingeschaltet, wenn die Auslösetemperatur unterschritten wird.

1.11 Dimmen höherer Leistungen mit Leistungszusätzen

Leistungszusätze sind Hilfsgeräte zur Erhöhung der Schaltleistung von Dimmern. Die Funktion entspricht damit einem Relais oder Schütz, bei dem auch mit einem kleinen Steuerstrom i_{ST} ein größerer Laststrom I_{L2} geschaltet werden kann:

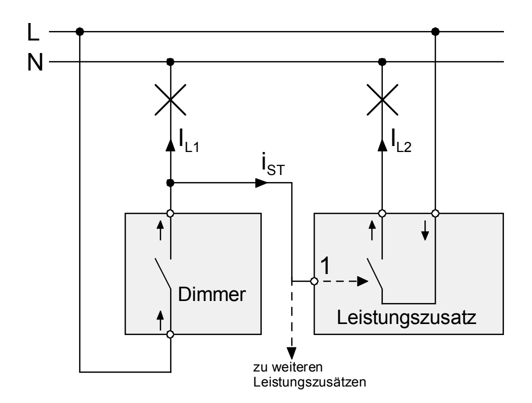


Bild: Leistungszusatz-Prinzip

Der Steuerstrom i_{ST} wird vom Laststrom I_{L2} „abgezweigt". Um auch schnellen Schaltungen (Dimmer mit 100 Hz) folgen zu können, werden elektronische Schaltungen verwendet.

Dimmer sind stets mit ihrer spezifizierten Mindestlast zu beschalten. Der Steuereingang der Leistungszusätze (Klemme 1) stellt nämlich einen hochohmigen Eingang dar und belastet den Dimmer nicht. Der Dimmer würde so einerseits gar nicht mehr versorgt (Verbindung zu N fehlt); andererseits würde – wenn kein Laststrom fließt – die Kurvenform Phasenab- bzw. –abschnitt nicht entstehen, sodass der Leistungszusatz auch nicht angesteuert würde.

Je nach Netzspannung und gewähltem Leuchtmittel können sich bei niedriger Dimmstellung geringe Helligkeitsunterschiede zwischen den Lasten an Dimmer und Leistungszusätzen ergeben. Es empfiehlt sich, an Dimmer und angeschlossenen Leistungszusätzen Leuchtmittel gleicher Leistung anzuschließen.

Es ist nicht zulässig, Dimmer und Leistungszusatz an eine gemeinsame Lastleitung anzuschließen. Grund dafür ist, dass Dimmer und Leistungszusatz nie exakt gleichzeitig durchschalten. Der Dimmer würde damit in der Zeit bis zum Zünden des Leistungszusatzes die komplette Lampenlast der Lichtanlage alleine tragen und entsprechend überlastet.

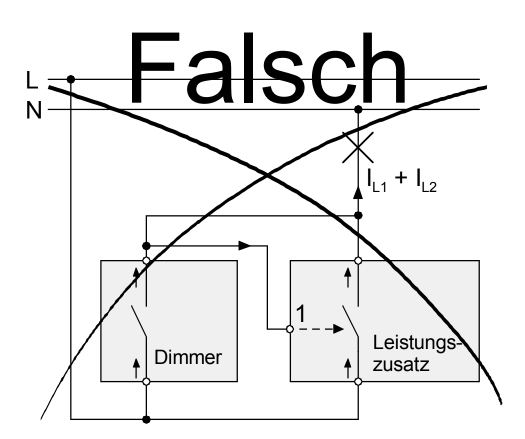


Bild: Falschinstallation eines Leistungszusatzes

Falls eine separate Schaltmöglichkeit der „Zusatz-Last" gewünscht ist, muss ein Schalter S in den Steuerkreis – also in die Verbindungsleitung vom Lastanschluss des Steuergerätes zur Klemme 1 des Leistungszusatzes – gelegt werden. Eine Abschaltung des Steuer-Geräte-Lastkreises ist grundsätzlich nicht möglich, da hierdurch die Ansteuerbedingungen des Leistungszusatzes gestört wären.

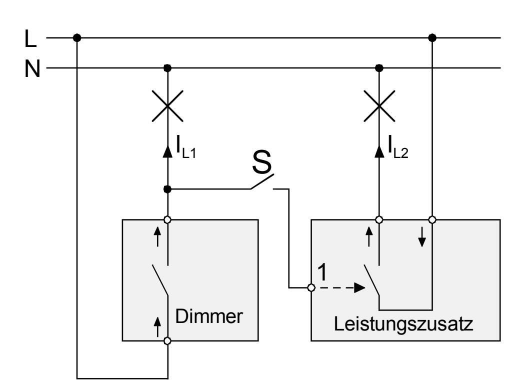


Bild: Schaltbare Zusatz-Last

Die „Technischen Anschlussbedingungen" TAB (Herausgeber VDEW, 1991) der **V**ersorgungs**n**etz-**B**etreiber (VNB; bisher EVU = **E**lektrizitäts-**V**ersorgungs-**U**nternehmen) begrenzen den genehmigungsfreien Anschluss von Phasenanschnittgeräten an einer Phase auf 1.700 W für Glühlampen und auf 3.400 VA für Leuchtstofflampen. Diese Grenzwerte dürfen bei Einsatz von Leistungszusätzen nur mit Genehmigung durch den VNB überschritten werden.

1.11.1 NV-Leistungszusätze

Der NV-Leistungszusatz eignet sich zum Anschluss von

- induktiven Trafos mit Ringkern oder E-Kern,

- Allgebrauchsglühlampen,
- HV-Halogenlampen (max 500 W), oder
- Mischlasten der spezifizierten Lastarten.

Der NV-Leistungszusatz misst die Effektiv-Spannung zwischen seinem Steuereingang „1“ und dem N-Leiter und steuert entsprechend die Leistungsstufe an. Die Leistungsstufe enthält – wie alle NV-Dimmer – einen Triac als Halbleiterschalter. Das Betätigungsprinzip des eingesetzten Dimmers – Drehknopf, Kurzhubtaste, Funk-Fernbedienung usw. – ist unerheblich.

Das Gerät wird sowohl im Einbau-Gehäuse – ideal zur Montage in Zwischendecken oder auf Putz – als auch im Reiheneinbau-Gehäuse (REG) für Verteilereinbau gefertigt.

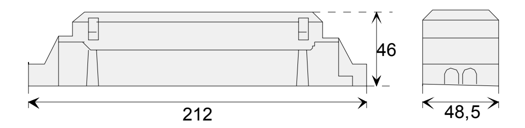


Bild: Gehäuse NV-Einbau-Leistungszusatz

Die Gesamtanschlussleistung darf nicht überschritten werden. Bei Berechnung der Gesamtanschlussleistung muss der Wirkungsgrad der Trafos berücksichtigt werden. Die Mindestanschlussleistung darf nicht unterschritten werden, andernfalls können Flackererscheinungen und Fehlfunktion auftreten.

	Mindestlast	**Maximallast**
Einbau	100 VA	600 VA
REG	100 VA	450 VA

Tabelle: NV-Leistungszusätze

An einem Dimmer dürfen bis zu 10 NV-Leistungszusätze angeschlossen werden. Alle Leistungszusätze sollten jedoch gleichmäßig belastet werden, da sonst Helligkeitsunterschiede entstehen können.

Der NV-Leistungszusatz ist nicht zum Freischalten geeignet, da er bei ausgeschaltetem Dimmer die Last **nicht** galvanisch vom Netz trennt.

Aus schaltungstechnischen Gründen wurde für den NV-Leistungszusatz ein Softstart von ca. 1-2 Sekunden notwendig. Es ergibt sich hierdurch eine geringe Zeitdifferenz im Einschaltverhalten zwischen den Lampen am Dimmer und den Lampen am NV-Einbau-Leistungszusatz.

Schutzfunktionen

- Kurzschluss:
  Bleibende Abschaltung durch elektronische Sicherung (kein Sicherungswechsel erforderlich). Der Kurzschluss muss beseitigt und der betroffene Dimmer neu eingeschaltet werden.
- Leerlauf:
  Das Gerät ist leerlaufsicher. Die induktiven Trafos dürfen darum beliebig belastet werden. Dabei ist natürlich im Sinne einer langen Lampenlebensdauer auf die Ausgangsspannung der Transformatoren zu achten.
- Übertemperatur:
  Automatische Abschaltung bei thermischer Überlastung. Der Wiederanlauf erfolgt selbsttätig nach Abkühlung.
- Gleichspannungsanteile:
  Konventionelle Transformatoren können durch Gleichspannungsanteile zerstört werden. Der NV-Leistungszusatz überwacht seine Ausgangsspannung und regelt Gleichspannungsanteile aus. Können sie vom Leistungszusatz aufgrund ihrer Höhe nicht mehr ausgeglichen werden, schaltet dieser ab. Die Installation ist auf Defekte zu prüfen und erst nach deren Beseitigung wieder in Betrieb zu nehmen.

Für NV-Dimmer und NV-Leistungszusätze muss die **gleiche Phase** verwendet werden. Andernfalls liegt am Leistungszusatz zwischen dem Außenleiteranschluss L und dem Steuereingang „1“ die Spannung 400 V.

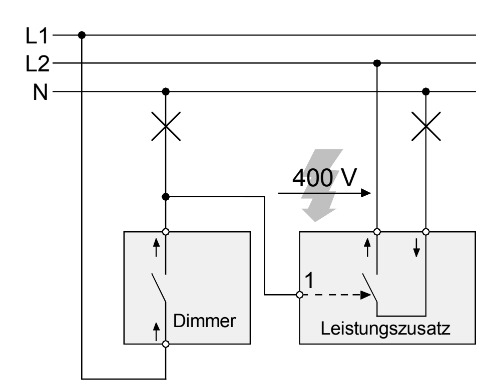


Bild: Kein Mehrphasenbetrieb bei Leistungszusätzen!

Da der Leistungszusatz die Spannung zwischen den Klemmen „1“ und „N“ misst, dürfen die Anschlüsse von L und N am Leistungszusatz nicht vertauscht werden.

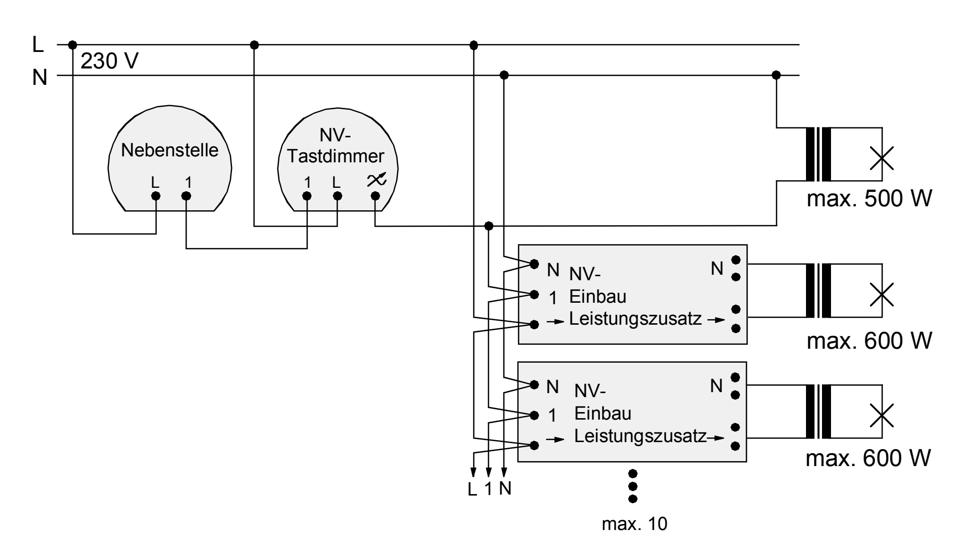


Bild: Schaltungsbeispiel für NV-Einbau-Leistungszusatz

Bei Beleuchtungsanlagen mit einer Leistung von über 3500 W muss die Installation auf zwei Stromkreise gleicher Phase aufgeteilt werden.

Die Sicherungsautomaten dieser Stromkreise sind mechanisch zu koppeln, damit ein allpoliges Freischalten der Beleuchtungsanlage gewährleistet ist.

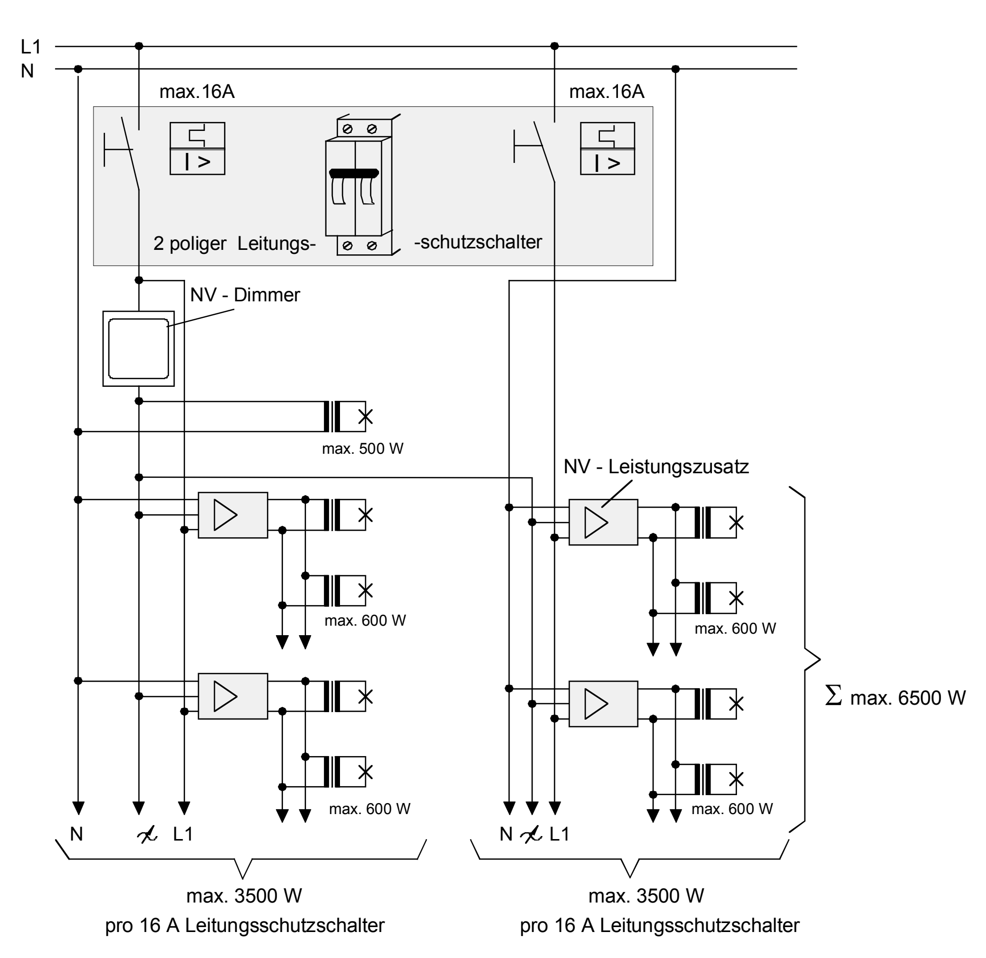


Bild: Gekoppelte Leitungsschutzschalter bei Einsatz von Leistungszusätzen

1.11.2 TRONIC-Leistungszusatz

Alle Phasenabschnitt-Dimmer (TRONIC-Dimmer) sind durch Einsatz von TRONIC-Leistungszusätzen erweiterungsfähig.

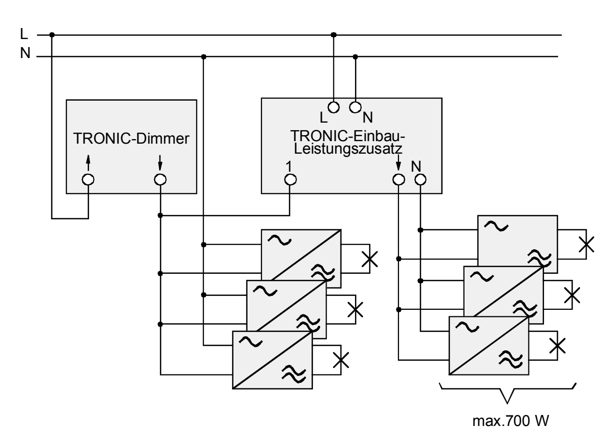


Bild: Schaltung TRONIC-Einbau-Leistungszusatz

TRONIC-Leistungszusätze werden ebenfalls sowohl im Einbau-Gehäuse – ideal zur Montage in Zwischendecken oder auf Putz – als auch im Reiheneinbau-Gehäuse (REG) für Verteilereinbau gefertigt.

	Mindestlast	Maximallast
Einbau	60 VA	700 VA
REG	100 VA	500 VA

Tabelle: TRONIC-Leistungszusätze

Am Steuereingang „1“ des Leistungszusatzes wird der Ausgang des steuernden Dimmers angeschlossen. Dieser Steuereingang ist hochohmig und belastet den Dimmer nur mit weniger als 1 W. Damit Dimmer und Leistungszusatz im Gleichtakt arbeiten können, müssen beide Geräte an derselben Phase betrieben werden.

Der Leistungszusatz reagiert auf Schaltflanken des steuernden Dimmers mit einer entsprechenden Nachführung seines Leistungsausgangs. Damit der Leistungszusatz die Spannung am Steuereingang erkennen kann, dürfen die Anschlüsse „L“ und „N“ dürfen nicht vertauscht werden.

Aufgrund der sehr geringen Belastung des Dimmers durch den Leistungszusatz ist es nicht möglich, nur Leistungszusätze an den Dimmer anzuschließen. Als Regel gilt: Dimmer erst mit mindestens einem voll ausgelasteten TRONIC-Trafo belasten, danach können Leistungszusätze angeschlossen werden. Bis zu 10 Leistungszusätze können an jedem TRONIC-Dimmer betrieben werden.

Blockschaltbild

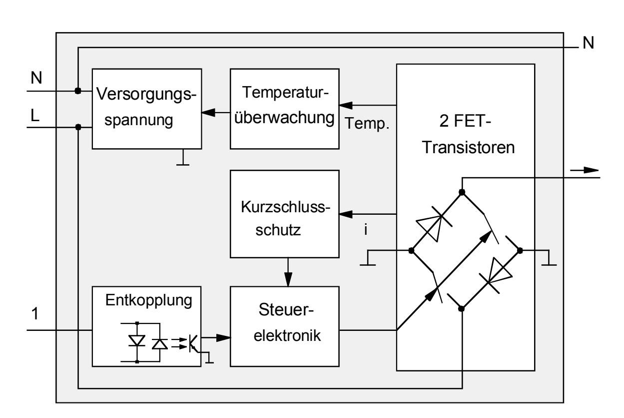


Bild: Prinzipschaltung TRONIC-Einbau-Leistungszusatz

Der Block „Versorgungsspannung“ stellt die für den Betrieb der Elektronik notwendige Versorgungsspannung bereit. Im Block „Entkopplung“ wird das Ausgangssignal des Dimmers nahezu leistungslos aufgenommen, verstärkt und zur Auswertung an die „Steuerelektronik“ weitergeleitet. Je nach anliegender Netzhalbwelle schaltet die Steuerelektronik einen der beiden in Brückenschaltung liegenden Feldeffekt-Transistoren durch und stellt damit am Leistungsausgang den Schaltzustand ein, der auch am Steuereingang „1“ liegt.

Die Temperatur der Transistoren wird mit einem Thermoschalter überwacht, der bei Überschreitung eines Wärme-Grenzwertes die Versorgungsspannung der Elektronik abschaltet und so den Ausgang des Gerätes bis zur Abkühlung sperrt.

Überschreitet der Strom durch die Transistoren den erlaubten Grenzwert (ca. doppelter Nennstrom) , erkennt dies der „Kurzschlussschutz“. Er blockiert die Steuerelektronik, sodass die Transistoren nicht mehr durchgeschaltet werden und der Ausgang des Gerätes gesperrt ist. Gleiches gilt für das Verhalten bei Kurzschluss.

TRONIC-Lichtsteuerungssystem

Mit TRONIC-Dimmern und TRONIC-Leistungszusätzen lassen sich komplexe Lichtsteueranlagen individuell aufbauen. Von einer Bedienstelle sind bis zu 7700 W, d. h. ein TRONIC-Dimmer mit 10 TRONIC-Einbau-Leistungszusätzen, steuerfähig.

Bei dem Verschalten der Komponenten ist grundsätzlich darauf zu achten, dass ein Dimmer und seine nachfolgenden Leistungszusätze an derselben Phase betrieben werden. Die genaue Verschaltung der Geräte ist den folgenden Anschlussschaltbildern zu entnehmen.

Da an einem 16 A Leitungsschutzschalter max. 3680 W (16 A x 230 V = 3680 W) Verbraucherleistung anschließbar ist, muss bei Überschreiten dieser Grenze ein zweiter Leitungsschutzschalter eingesetzt werden.

Um ein allpoliges Freischalten sicherzustellen, müssen die beteiligten Leitungsschutzschalter durch einen gemeinsamen Betätigungsbügel mechanisch gekoppelt sein oder durch einen Mehrfach-Schutzschalter ersetzt werden (bei Öffnen nur eines Leitungsschutzschalters sind die angeschlossenen Verbraucher nicht zwingend spannungsfrei).

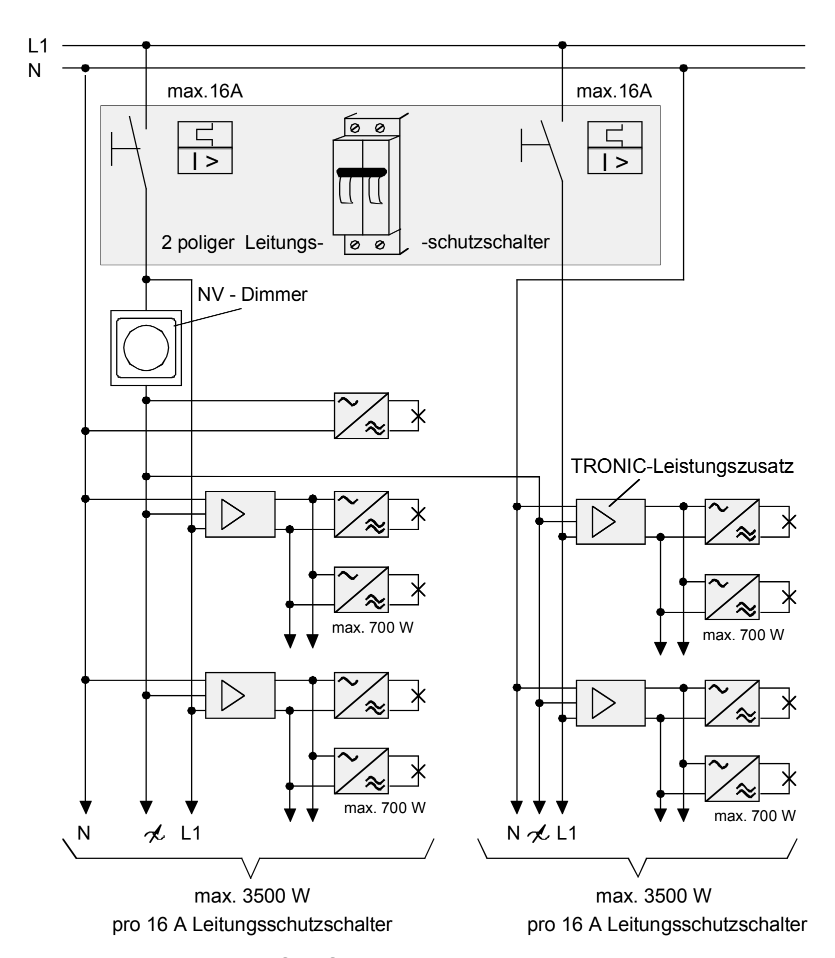


Bild: Leitungsschutzschalter in einem TRONIC-Lichtsteuerungssystem

Bei Installation von TRONIC-Lichtsteuerungsanlagen sind die Technischen Anschluss-Bedingungen (TAB) der regionalen Stromversorgungs-Unternehmen zu beachten, welche die maximale, genehmigungsfreie Anschlussleistung von Geräten mit Phasenanschnitt oder Phasenabschnitt pro Phase reglementieren.

Verdrahtungspläne zum TRONIC-Lichtsteuerungssystem sind den folgenden Bildern zu entnehmen.

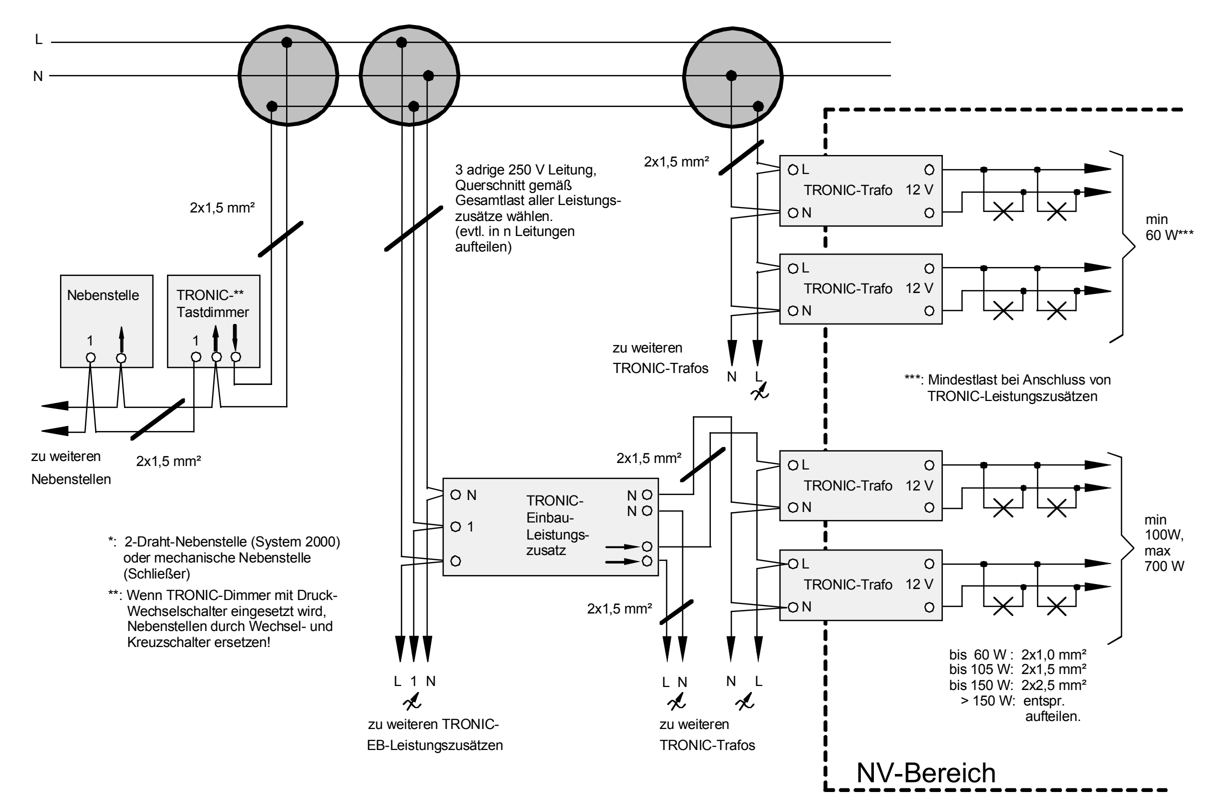


Bild: Verdrahtungsplan für TRONIC-Lichtsteuerungssystem mit UP-TRONIC-Dimmer

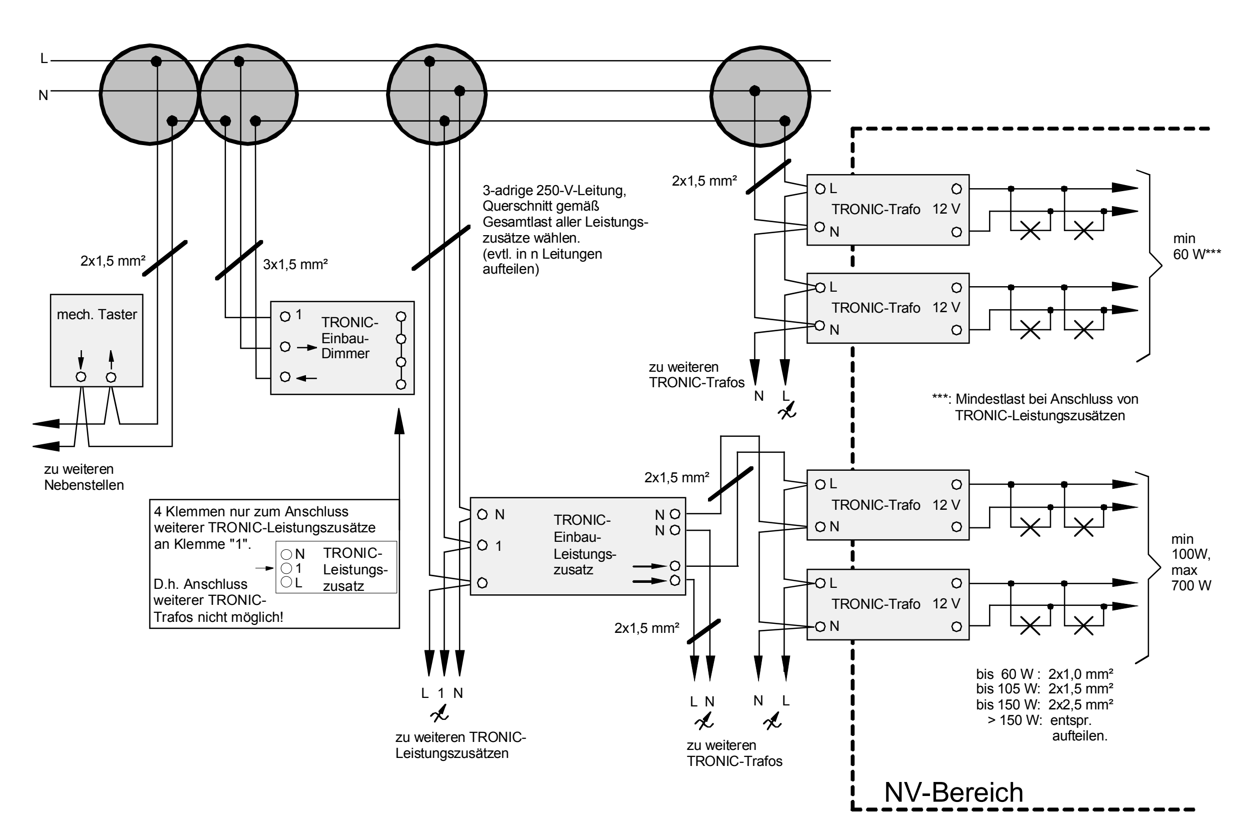


Bild: Verdrahtungsplan für TRONIC-Lichtsteuerungssystem mit TRONIC-Einbau-Dimmer

1.12 Drehzahlsteller

Drehzahlsteller sind prinzipiell ebenso aufgebaut wie Dimmer für NV-Lampen mit induktiven konventionellen Transformatoren.

Auch im Drehzahlsteller ist dem Entstörkondensator C_1 eine Reihenschaltung von Widerstand und Kondensator parallelgeschaltet, die erstens dämpfend auf den Funkentstörkreis wirkt, so dass hier trotz induktiver Last keine „ohmsche Grundlast" erforderlich ist; zum anderen wird erst durch dieses RC-Glied bewirkt, dass der Triac überhaupt durchschaltet.

Wegen der induktiven Motorlast steigt der Strom im Lastkreis verzögert an und hat häufig den Triac-Haltestrom noch nicht erreicht, wenn der kurze Zündimpuls am Gate schon wieder abgeklungen ist. Der Triac kehrt deswegen sofort in den Sperrzustand zurück. Das dem Triac parallelgeschaltete RC-Glied hat die Aufgabe, nach dem Zünden so lange Strom an den Triac zu liefern, bis der Laststrom über den Triac-Haltestrom angestiegen ist. Ein normaler Glühlampen-Dimmer ist deshalb zur Drehzahlsteuerung nicht geeignet.

Der Hauptunterschied zwischen Drehzahlsteller und NV-Dimmer ergibt sich in Bezug auf die kleinste einstellbare Ausgangsspannung:

Für NV-Dimmer muss der Hersteller gewährleisten, dass bei Einstellung auf Minimum noch eine Resthelligkeit der angeschlossenen Beleuchtung zu erkennen ist, damit eine völlig abgedunkelte Beleuchtung nicht mit einer ausgeschalteten Beleuchtung verwechselt werden kann. Anderfalls könnte jemand im Glauben, die Anlage sei ausgeschaltet, Arbeiten an spannungsführenden Schaltungsteilen vornehmen und sich der Gefahr eines elektrischen Schlages aussetzen.

Diese, noch relativ hohe, minimale Ausgangsspannung der NV-Dimmer ist bei Drehzahlstellern nicht erforderlich und sogar unerwünscht, da sie den Motor nicht in die untersten Drehzahlen gelangen lässt. Aus diesem Grund werden Drehzahlsteller in ihrer Tragplatte mit einem durch den Kunden einstellbaren Potentiometer für die Einstellung der Grunddrehzahl ausgerüstet.

Grundsätzlich lassen sich nach diesem, in den Drehzahlstellern angewandten Phasenanschnittprinzip alle in Kleingeräten verwendeten Einphasen-Motoren steuern (Induktions-, Spaltpol-, Universalmotoren).

Sinnvoll ist die Steuerung aber nur dort, wo wirklich die Leistung gesteuert werden soll, wie zum Beispiel bei Lüftern (kleinere Drehzahl = kleinerer Luftdurchsatz = gleich kleinere gewünschte Leistung), nicht aber zum Beispiel bei Bohrmaschinen, bei denen die Leistung möglichst unabhängig von der Drehzahl sein sollte (Leistung = Drehmoment x Drehzahl, verminderte Drehzahl = verminderte Leistung. Das steht im Gegensatz zu mechanischen Schaltgetrieben, bei denen das Drehmoment im gleichen Maße erhöht wie die Drehzahl vermindert wird).

Der Drehzahlsteller verfügt über eine Nennleistung von 500 VA. Diese Nennleistung bezieht sich auf einen Einsatz in Wanddosen. Wird das Gerät in Aufputz-Gehäusen montiert, ist wegen den ungünstigeren Wärmeableit-Verhältnissen die Nennleistung auf 400 VA reduziert.

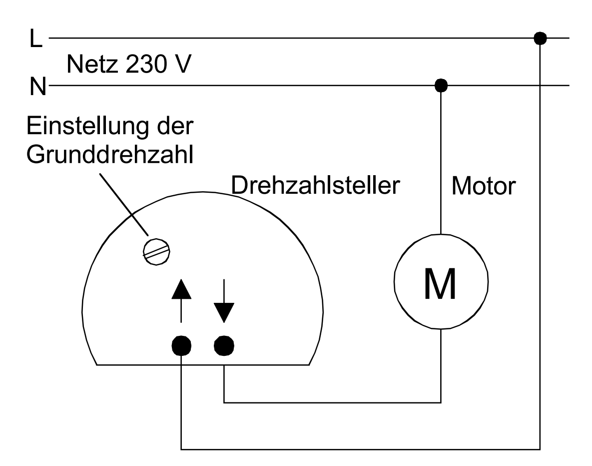


Bild: Reihenschaltung Drehzahlsteller – Motor

1.13 Elektronische Schalter

1.13.1 Einsatz von elektronischen Schaltern

Elektronische Schalter dienen dem manuellen Ein- und Ausschalten elektrischer Verbraucher. Vordergründig haben sie damit die gleiche Funktion wie normale mechanische Lichtschalter.

In einigen Aspekten sind sie jedoch mechanischen Lichtschaltern überlegen:

- geräuschloses Schalten (bei Halbleiterschaltern);
- lampenschonender Betrieb durch Softstart-Funktion (bei Halbleiterschaltern);
- fernbedienbar;
- mehr als drei Bedienstellen ohne aufwendige Verdrahtung (Kreuzschaltung) oder Stromstoßrelais möglich.

Der jeweilige Schaltzustand wird nicht durch eine bi-stabile Schalterposition, sondern in einem elektronischen „Gedächtnis“ gespeichert. Bei Ausfall oder Unterbrechung der Netzspannung geht der gespeicherte Zustand verloren und der Aus-Zustand wird eingestellt. Dieser Aus-Zustand bleibt auch nach Wiederkehr der Netzspannung erhalten, zum Einschalten des Verbrauchers muss der Schalter erneut betätigt werden. Dieses Verhalten kann – z. B. in größeren Verwaltungsgebäuden – für eine Zentral-Aus-Funktion genutzt werden, indem für ca. 2 s die Netzspannung für die Beleuchtung zentral ausgeschaltet und anschließend wieder zugeschaltet wird. Wenn an einzelnen Arbeitsplätzen die Beleuchtung weiterhin benötigt wird, kann anschließend das Licht wieder manuell eingeschaltet werden.

1.13.2 „System 2000“-Schalteinsätze

Die Elektronischen Schalter früherer Baujahre wurden abgelöst durch den Unterputz-Baukasten „System 2000“. Die folgenden Geräte sind erhältlich:

- Niedervolt-Schalteinsatz mit Triac für Glühlampen, Hochvolt-Halogenlampen und Niedervolt-Halogenlampen mit induktivem Trafo;
- TRONIC-Schalteinsatz mit MOSFET für Glühlampen, Hochvolt-Halogenlampen und Niedervolt-Halogenlampen mit TRONIC-Trafo;
- Universal-Schalteinsatz mit Relais für Glühlampen, Hochvolt-Halogenlampen und Niedervolt-Halogenlampen mit induktivem oder TRONIC-Trafo und Leuchtstofflampen.

Die elektronischen Schalter des „System 2000“ bestehen aus einem Leistungseinsatz und einem Bedienaufsatz. Im einfachsten Fall dient eine Kurzhubtaste als Bedienaufsatz – letztlich ein mechanischer Taster. Durch Austauschen des Aufsatzes entstehen Funk-Schalter, Automatikschalter (PIR), Präsenzmelder bis hin zur Einbeziehung in komplexe Lichtsteuersysteme.

Vorteile für den Kunden sind Bedienkomfort, Flexibilität, komfortable Nebenstellenfähigkeit und Austauschbarkeit (des Bedienelements, des Leistungsteils, des Leuchtmittels); Vorteile für den Installateur sind vereinfachte Installation und vereinfachte Lagerhaltung.

Funktion, Bedienphilosophie und Technik der „System 2000“-Schalter sind im Kapitel „Unterputz-Baukasten System 2000“ ausführlich erläutert.

1.13.3 Memory-Schalter

Eine steigende Zahl von Wohnungseinbrüchen sorgt bei Hausherren für den Wunsch nach Sicherheitstechnik bzw. nach Technik, welche die Anwesenheit von Personen simuliert, wenn niemand zu Hause ist. Zu dieser Technik gehört auch der Memory-Schalter, da er neben der Nutzung als „gewöhnlicher“, manueller Lichtschalter auch als Zufalls-Lichtschalter und als Memory-Lichtschalter genutzt werden kann.

Manueller Taster-Betrieb

In dieser Betriebsart besitzt der Memory-Schalter die Funktion eines Standard-Lichtschalters.

Zusätzlich merkt er sich jedoch die Zeitpunkte der Schaltungen der letzten 7 Tage und legt diese in seinen Speicher (Memory) ab.

Automatischer Zufalls-Betrieb

In dieser Betriebsart erzeugt der Memory-Schalter nach Einbruch der Dunkelheit für die Dauer von maximal 9 Stunden bzw. maximal bis zur Morgendämmerung zufällige Ein- und Ausschaltungen zur Anwesenheitssimulation.

Automatischer Memory-Betrieb

Diese Betriebsart dient zur Anwesenheitssimulation: Der Memory-Schalter führt die Schaltzeiten aus, die in seinem Speicher (Memory) eingetragen sind. Es werden also – unabhängig von der Umgebungshelligkeit – die Schaltungen wiederholt, die in den letzten 7 Tagen unter Nutzung des manuellen Taster-Betriebs ausgeführt wurden.

Wechsel der Betriebsarten

Der Wechsel zwischen den Betriebsarten erfolgt durch eine mindestens 3 Sekunden dauernde Betätigung der Bedientaste:

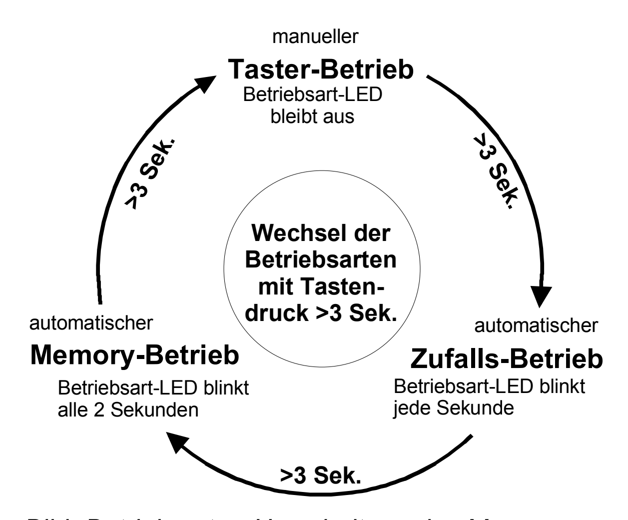


Bild: Betriebsarten-Umschaltung des Memory-Schalters

Beispiel: Um vom Taster-Betrieb in den Memory-Betrieb zu kommen, muss das Gerät zweimal >3 Sekunden bedient werden.

Technik

Der Memory-Schalter ist konzipiert als Aufsatz für die aus dem Bereich der Up-Wächter und Automatik Schalter bekannten Unterputz-Schalt-Einsätze (leicht erkennbar an der vierpoligen Schnittstelle zwischen Aufsatz und Einsatz):

- Einsatz mit Relaiskontakt und
- Einsatz mit Triac.

Er wird auf diese aufgesteckt und ist nur in Verbindung mit diesen betreibbar. Die technischen Daten zur möglichen Lampenlast sind dem Kapitel UP-Wächter bzw. Automatik Schalter zu entnehmen.

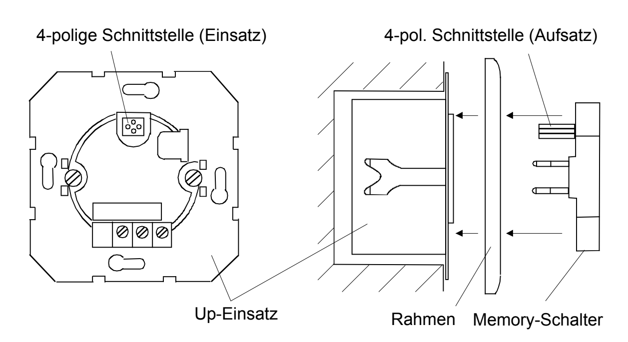


Bild: Mechanischer Aufbau des Memory-Schalters

Der Memory-Schalter besitzt in der Mitte der Bedientaste ein transparentes Fenster:

1. Hinter dem Fenster sitzt ein Helligkeitsfühler („LDR“ = Light Dependent Resistor) und misst die Umgebungs-helligkeit. Im Zufalls-Betrieb werden nur Schaltungen ausgeführt, wenn es dunkel ist.
2. Durch das Fenster ist die Betriebsart-LED sichtbar, die mit ihrem Blinken die aktuelle Betriebsart anzeigt. Dabei bedeutet:
   LED aus: Taster-Betrieb
   LED blinkt jede Sekunde: Zufalls-Betrieb
   LED blinkt alle 2 Sekunden: Mem.-Betrieb

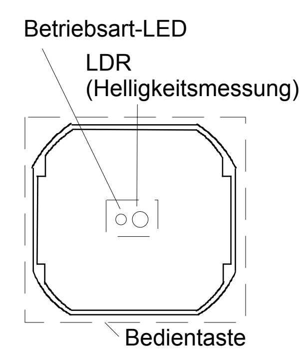


Bild: Bedien- und Anzeigeelemente des Memory-Schalters

Betrieb mit Nebenstellen

Wenn der UP-Einsatz mit Relaiskontakt verwendet wird, ist der Betrieb mit mechanischen Taster-Nebenstellen möglich.

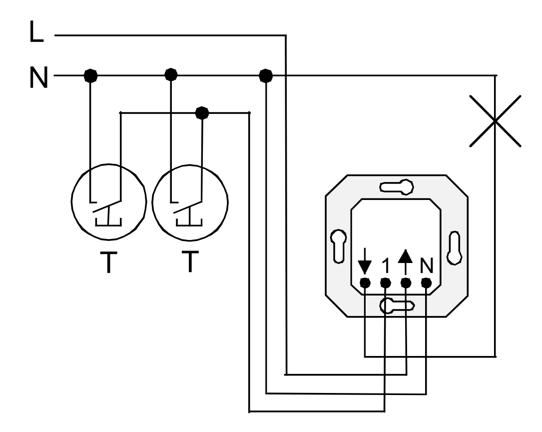


Bild: Anschluss Memory-Schalter Standard mit Relaiseinsatz und 2 Nebenstellen

Achtung: Im Gegensatz zur UP-Wächter-Technik hat die Nebenstelle bei Verwendung des Memory-Schalter Aufsatzes jedoch den Neutralleiter N zum Nebenstelleneingang „1“ des Einsatzes durchzuschalten!

Wird der Einsatz mit Relaiskontakt in Verbindung mit Wächter 180 Up Aufsätzen genutzt, hat die Nebenstelle (mechanischer Taster) die Phase (L) auf den Nebenstelleneingang „1“ des Einsatzes mit Relaiskontakt zu schalten.

Die Betätigungen der Nebenstelle werden auch in das Memory des Memory-Schalters eingetragen, sofern dieser sich im Taster-Betrieb befindet. Die Betriebsart des Memory-Schalters ist jedoch von der Nebenstelle aus nicht umschaltbar.

Der aus dem Automatik-Schalter bzw. Wächterbereich bekannte Öffnerkontakt in der Phase (L) zur Auslösung eines Schaltbefehles kann bei Verwendung des Memory-Schalter Aufsatzes nicht eingesetzt werden, da die interne Prozessorsteuerung bei dieser Art Betätigung jedes Mal einen Reset ausführen würde und die letzten Betätigungen nicht mehr zuverlässig ins Memory abgelegt werden können.

Auch eine Wächter 180 UP Nebenstelle ist nicht für einen Memory-Schalter einsetzbar, da diese nicht, wie erforderlich, den Neutralleiter zum Memory Schalter durchschaltet.

Aufbau der Elektronik

Der Memory-Schalter enthält einen Mikroprozessor, der durch einen Quarz mit 32 kHz getaktet wird.

Betätigungen der Bedientaste werden vom Prozessor erkannt und ausgewertet. Je nach Betätigungsdauer und momentaner Betriebsart aktiviert der Prozessor den Schaltausgang in der Schnittstelle zum UP-Einsatz, legt die Schaltzeit in das EEPROM ab oder schaltet die Betriebsart um.

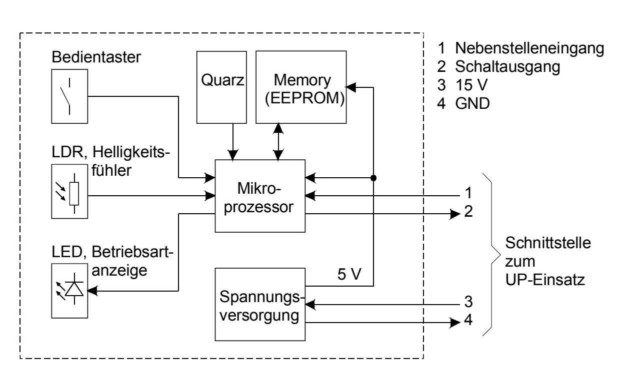


Bild: Blockschaltbild Memory-Schalter

Das Signal des Nebenstelleneingangs “1“ wird vom UP-Einsatz mit Relaiskontakt an den Memory-Schalter weitergegeben. Der Prozessor erkennt hier die Betätigung einer angeschlossenen Nebenstelle und wertet die ankommenden Signale aus. Signale von Bedientaster und Nebenstelleneingang werden vom Prozessor gleichwertig verarbeitet. Mit Signalen aus dem Nebenstelleneingang kann der Prozessor jedoch nicht in seiner Betriebsart umgeschaltet werden.

Mit Hilfe des LDR misst der Prozessor die Umgebungshelligkeit. Da mit Einschalten der Beleuchtung in aller Regel die Helligkeit in unmittelbarer Umgebung des Memory-Schalters verändert wird, geschieht dies nur, wenn der Schaltausgang nicht aktiviert ist.

Der Prozessor zeigt die Betriebsart, in der er sich befindet, durch entsprechende Ansteuerung der Betriebsart-LED an.

Der *Memory-Schalter* wird vom Up-Einsatz mit 15V und GND versorgt. Eine interne Spannungsversorgung generiert daraus die für Prozessor und Memory erforderliche Spannung von 5V.

Taster-Betrieb

Nach erstem Anlegen der Netzspannung befindet sich das Gerät im Taster-Betrieb. Manuelle Schaltungen der Beleuchtung werden nun ausgeführt und zusätzlich in das noch leere Memory mit ihrer Schaltzeit eingetragen.

Das Memory wird ständig überwacht und verwaltet. Schaltbefehle, die älter als 7 Tage sind, werden gelöscht, so dass stets nur die Schaltungen der letzten 7 Tage abgelegt sind. Auf diese Weise entsteht im Memory ein selbsterlerntes 7-Tage-Programm der Schaltungen. Wurde der Memory-Schalter im Taster-Betrieb 7 Tage lang nicht betätigt, ist der Speicher leer.

Im Memory können maximal 124 Schaltungen gespeichert werden. Falls innerhalb von 7 Tagen mehr Schaltungen registriert werden, werden die ersten Schaltungen wieder überschrieben, so dass in diesem Fall nur die letzten 124 Schaltungen registriert sind.

Schaltungen, die im Abstand von <16 Sekunden erfolgen, werden aus technischen Gründen unter Umständen nicht im Memory abgelegt und können damit auch im Memory-Betrieb nicht wieder aufgerufen werden.

Zufalls-Betrieb

Wird der Memory-Schalter auf den Zufalls-Betrieb eingestellt und liegt die Umgebungshelligkeit unterhalb des werksseitig eingestellten Grenzwertes, beginnt das Gerät mit der Ausführung zufälliger Schaltungen.

Das erste Einschalten erfolgt ca. 10 s nach Eintritt der Startbedingungen. Die Einschaltdauer kann im Bereich von 20 - 40 Minuten liegen und wird ebenfalls zufällig ausgewählt. Die nachfolgende Ausschaltzeit beträgt 25 % der vorhergehenden Einschaltzeit. Nach Ablauf der Ausschaltzeit wählt der Zufallsgenerator die Dauer der nächsten Einschaltzeit aus.

Auf diese Weise werden fortlaufend Schaltungen ausgeführt, bis die Maximaldauer von 9 Stunden erreicht ist oder die Umgebungshelligkeit aufgrund der Morgendämmerung wieder oberhalb des Schwellwertes liegt.

Da die Umgebungshelligkeit im eingeschalteten Zustand nicht gemessen werden kann, wird eine wieder ausreichende Umgebungshelligkeit erst in der nächsten Ausschaltphase bemerkt. Einschaltphasen werden also bei Eintritt ausreichender Umgebungshelligkeit nicht abgebrochen, sondern noch zu Ende geführt.

Memory-Betrieb

Wird der Memory-Schalter auf den Memory-Betrieb eingestellt, werden die im Memory liegenden Schaltzeiten unabhängig von der aktuellen Umgebungshelligkeit ausgeführt. Das Gerät wiederholt so das dort abgelegte Programm der letzten 7 Tage.

Falls keine Schaltzeiten im Memory abgelegt sind (z. B. weil das Gerät im Taster-Betrieb 7 Tage lang nicht bedient wurde) schaltet das Gerät die Beleuchtung im Zufalls-Betrieb.

Dies erfolgt, weil davon auszugehen ist, dass der Kunde auf jeden Fall Schaltaktivitäten haben möchte, wenn er den Memory-Betrieb anwählt.

Falls die Beleuchtung gemäß Schaltvorgaben aus dem Memory länger als 8 Stunden eingeschaltet oder länger als 48 Stunden ausgeschaltet sein müsste, werden zunächst helligkeitsabhängige Zufallsschaltungen eingefügt, bis die verbleibende Schaltzeit nur noch ca. 8 bzw. weniger als 48 Stunden beträgt. Danach gibt der Memory Schalter für die verbleibenden 8 Stunden einen zufällig bestimmten Schaltzustand aus, bzw. schaltet die Beleuchtung für die verbleibenden 48 Stunden aus.

Verhalten bei Netzspannungsausfall

Der Memory-Schalter enthält als Speicher ein EEPROM. Dieser Speicher behält seinen Inhalt auch bei Netzspannungsausfall. Bei Netzspannungsrückkehr nimmt das Gerät die im EEPROM abgelegten Schaltzeiten und die dort abgelegte Betriebsart wieder auf. Dabei gelten folgende Einschränkungen:

- Ein Netzspannungsausfall führt zur Verschiebung der im Memory abgelegten Schaltzeiten um die Dauer der Netzspannungsunterbrechung.
- Die zu speichernden Schaltungen und Betriebsarten werden aus technischen Gründen alle 8 Minuten im EEPROM abgelegt. Sollte ein Netzspannungsausfall nach einer Bedienung, aber noch vor dem nächsten Speichern auftreten, ist die neue Schaltzeit (oder die letzte Betriebsart-Umschaltung) noch nicht in das Memory eingetragen worden. In diesem Fall nimmt der Memory-Schalter nach Netzspannungsrückkehr den Betrieb gemäß Speicherinhalten im EEPROM wieder auf; die Betätigungen in den letzten maximal 8 Minuten vor der Netzspannungsunterbrechung sind jedoch nicht mehr bekannt und verloren.

Manuelle Betätigung bei aktiviertem Zufalls- oder Memory-Betrieb

Eine manuelle Betätigung der Beleuchtung ist jederzeit und unabhängig vom aktivierten Zufalls- oder Memory-Betrieb möglich. Manuelle Betätigungen in diesen Betriebsarten werden jedoch nicht in das Memory eingetragen und können folglich nicht automatisch wiederholt werden.

2 UNTERPUTZ-BAUKASTEN „SYSTEM 2000“

Die Anzahl verschiedenartiger Lasten einerseits und eine Vielzahl von Bedien- und Steuermöglichkeiten andererseits haben – je nachdem, welche Überlegungen zu einzelnen Systementwicklungen bestimmend waren – zur Entwicklung verschiedener Systeme im Baukastenprinzip geführt, z. B. IR-Baukasten, PIR-Baukasten oder Instabus.

Allen bisherigen Baukastensystemen gemeinsam ist die Auftrennung der Geräte in Leistungseinsatz und Bedienaufsatz. Der Leistungseinsatz übernimmt die Ansteuerung der Last, der Bedienaufsatz bereitet Bediensignale einer Taste, eines Bewegungsmelders, einer Fernbedienung oder eines übergeordneten Systems auf.

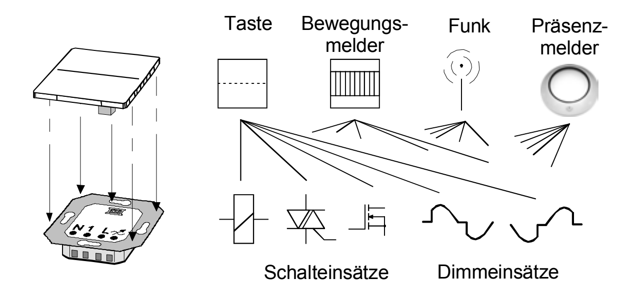


Bild: Baukastenprinzip

Die – historisch bedingte – Existenz mehrerer Baukastensysteme für die Hausinstallation führte zu einer hohen Anzahl „ähnlicher“ Geräte und entsprechendem Aufwand in Produktpflege, Lagerhaltung und Schulungsbedarf.

Die Entwicklung des Unterputz-Baukastens „System 2000“ zielt auf die Integration der bisherigen Baukastensysteme sowie auf eine komfortable Nebenstellenfähigkeit, bei der gleiche Bedienaufsätze für Haupt- und Nebenstelle verwendet werden können.

2.1 Geräte – Überblick

Für die wesentlichen Funktionen in der Hausinstallation wurden Leistungseinsätze zum Dimmen und Schalten entwickelt:

- Universal-Tastdimmer
- NV-Tastdimmer
- 1-10-V-Einsatz
- NV-Schalteinsatz
- TRONIC-Schalteinsatz
- Universal-Relais-Einsatz
- Relais-Schalteinsatz Licht + HLK

Diese Leistungseinsätze sind kombinierbar mit folgenden Bedienaufsätzen:

- Kurzhubtaste unbeleuchtet
- Funkaufsatz
- Automatik-Aufsatz Komfort bzw. Standard
- Präsenzaufsatz Universal bzw. Standard

Wesentliches Merkmal des System 2000 ist, dass die Aufsätze für vollwertige Nebenstellen zur Hauptstelle verwendet werden können. Hierzu dienen Nebenstelleneinsätze:

- Nebenstelleneinsatz 2-Draht (Kurzhubtaste)
- Nebenstelleneinsatz 3-Draht (für Automatikschalter und Präsenzmelder)

Herkömmliche Installationstaster (Schließer) können ebenfalls als Nebenstelle verwendet werden.

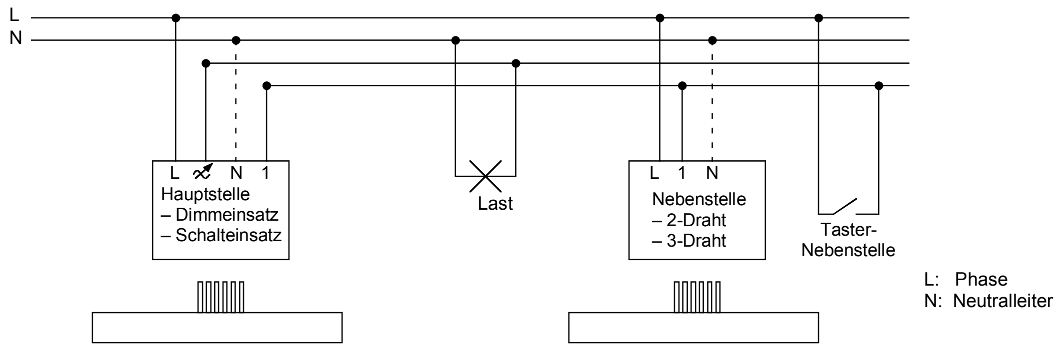


Bild: Nebenstellenkonzept beim UP-Baukasten „System 2000“

Durch die Kombination von Bedienaufsätzen und Leistungseinsätzen entsteht eine Vielzahl von Geräten, wobei jedes Bedienkonzept für jede Lastart bzw. umgekehrt zur Verfügung steht.

Gleichermaßen kann z. B. ein Tastdimmer durch einfaches Tauschen der Bedienaufsätze zu einem Funkdimmer oder einem Automatikschalter mit Abdimmfunktion aufgerüstet werden.

Nachfolgend eine Übersicht über die möglichen Gerätefunktionen im „System 2000“ sowie die entsprechenden Kombinationsmöglichkeiten:

Tastdimmer

Elektronischer Dimmer; intuitive Bedienung mit 2-flächiger Bedientaste, auch an sämtlichen Nebenstellen.

Tastschalter

Elektronischer Schalter. Mit Triac- oder MOSFET-Schalteinsatz komfortables, geräuscharmes Schalten. Die elektronischen Halbleiterschalter schalten lampenschonend mit Softstart ein. Mit Relais-Schalteinsatz können Lasten bis 2.300 W geschaltet werden; der HLK-Einsatz beinhaltet als zweiten Kanal ein Nachlaufrelais für HLK-Anwendungen. Durch die komfortable Nebenstellentechnik entfallen bei mehr als drei Bedienstellen die sonst notwendigen Stromstoßrelais und die Verkabelung zu einer Unterverteilung.

Tastdimmer mit Funkempfang

Bedienelement, Funkempfänger und Funk-Dimmaktor in einem Gerät. Anschluss von Nebenstellen. Einbeziehung in Lichtszenen, die über Funksender aufgerufen werden.

Funkschalter

Bedienelement, Funkempfänger und Schaltaktor in einem Gerät. Anschluss von Nebenstellen. Einbeziehung in Lichtszenen, die über Funksender aufgerufen werden.

Automatikschalter (PIR)

Unterputz-Bewegungsmelder. Kann mit Taster-Nebenstellen bedient oder mit PIR-Nebenstellen kombiniert werden und so auch größere Räume oder längere Flure überwachen.

Der „Komfort“-Aufsatz besitzt ein neuartiges digitales Auswertungsverfahren und zusätzliche Funktionen wie einstellbare Einschalthelligkeit, Schiebeschalter und „Komfort-Aus“ (mit Dimmeinsatz).

Je nach Linsentyp kann das Gerät in 1,10 m oder 2,20 m Höhe eingebaut werden.

Präsenzmelder (PIR)

Überwacht die unter ihm liegende Fläche und schaltet – wenn keine Bewegung erkannt wird oder die Umgebungshelligkeit ausreicht – die Beleuchtung aus. Kann mit Taster-Nebenstellen bedient werden. Mit Zuschaltung von Präsenzmelder-Nebenstellen können auch größere Räume überwacht werden.

Der Präsenzaufsatz Universal besitzt einen integrierten Funkempfänger. Damit wird auch die Bedienung per Funk und auch die Einbeziehung in Lichtszenen möglich. Ebenso können auch Funkpräsenzmelder als Nebenstelle genutzt werden. Mit Dimmeinsatz als Leistungsteil kann der Präsenzaufsatz Universal auch als Konstantlichtregler arbeiten.

Das Kürzel „PIR“ bedeutet „Passiv-Infrarot“ und bezeichnet das Funktionsprinzip: Wärmestrahlung – oder „Infrarot-Licht“ – wird vom Gerät empfangen und ausgewertet. Diese Strahlung hat die gleichen Eigenschaften wie sichtbares Licht und wird von allen Objekten in der Umgebung entsprechend ihrer Temperatur abgestrahlt. Das Gerät selbst sendet keine Strahlung aus.

Automatikschalter und Präsenzmelder basieren beide auf dem gleichen Funktionsprinzip, sind aber für unterschiedliche Aufgaben konzipiert und werten die empfangenen Signale unterschiedlich aus. Die Bezeichnung „PIR“ bezieht sich daher auf beide Gerätekonzepte.

<table>
<tr><th></th><th>Aufsätze / Einsätze</th><th>Kurzhubtaste unbeleuchtet</th><th>Funkaufsatz</th><th>Automatik-aufsatz Standard (PIR)</th><th>Automatik-aufsatz Komfort (PIR)</th><th>Präsenz-aufsatz Std. (PIR)</th><th>Präsenz-aufsatz universal (PIR)</th></tr>
<tr><td rowspan="3">Dimmgeräte</td><td>1-10 V-Einsatz
6 Klemmen: L,N, ↑, 1, +, -
700 W Relaisausgang</td><td rowspan="3">Tastdimmer</td><td rowspan="3">Tastdimmer mit Funk-Empfang</td><td rowspan="3">Automatik-Schalter

Helligkeit einstellbar</td><td rowspan="3">Automatik-schalter mit Abdimm-funktion

Empfindlichkeit, Zeit und Hell'kt. einstellbar</td><td rowspan="3">Präsenz-melder</td><td rowspan="3">Präsenz-melder mit Abdimm-funktion

mit Konstantlicht-regelung, Funk-FB</td></tr>
<tr><td>Universaldimmer
Glühl./HV/NV/Tronic
2-Draht, 50-420 W</td></tr>
<tr><td>NV Tast-Dimmer
Triac: Glühl./HV/NV
2-Draht, 20-500 W</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Schalter</td><td>Schalteinsatz
MOSFET: Glühl./HV/Tronic
2-Draht, 50-420 W;</td><td rowspan="3">Tastschalter</td><td rowspan="3">Funkschalter</td><td colspan="2" rowspan="2">Automatikschalter</td><td colspan="2" rowspan="2">Präsenzmelder</td></tr>
<tr><td>Schalteinsatz
Triac: Glühl./HV/NV
2-Draht, 40-400 W;</td></tr>
<tr><td>Univ.-Relais-Einsatz
3-Draht
2300 W Relaisausgang</td><td>Helligkeit einstellbar</td><td>Empfindlichkeit, Zeit und Hell'kt. einstellbar</td><td></td><td>mit Funk-FB</td></tr>
<tr><td>Schalteinsatz HLK+Licht
Lichtkanal: 1000W;
HLK-Kanal: 700 W (pot'frei)</td><td>Tastschalter Licht + HLK (mit Nachlauf)</td><td>Funkschalter Licht + HLK (mit Nachlauf)</td><td colspan="2">Automatikschalter Licht + HLK (mit Nachlauf, helligkeitsunabhängig)</td><td colspan="2">Präsenzmelder Licht + HLK (mit Nachlauf, helligkeitsunabhängig)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Nebenstellen</td><td>Nebenstellen-Einsatz
2-Draht</td><td>2-flächige Nebenstelle</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Nebenstellen-Einsatz
3-Draht</td><td></td><td></td><td colspan="2">Automatikschalter-Nebenstelle (nur wenn Hauptstelle auch PIR)</td><td colspan="2">Präsenzmelder-Nebenstelle (nur wenn Hauptstelle auch PIR)</td></tr>
</table>

Bild: Gerätekombinationen im Unterputz-Baukasten „System 2000“

2.2 Aufbau der „System 2000“-Geräte

Einsätze

Die Leistungseinsätze sind für den Einbau in eine 60-mm-Unterputzdose konzipiert. Der Anschluss der Last erfolgt mit gekennzeichneten Schraubklemmen. Für Messzwecke, z. B. mit einem Handmultimeter, sind die Lastklemmen auch im eingebauten Zustand zugänglich. Die Anordnung der Klemmen ist für alle Einsätze einheitlich; je nach Art des Einsatzes ist z. B. der N-Leiter-Anschluss nicht vorhanden, oder die Bezeichnung der Lastklemme erfolgt mit „↓“.

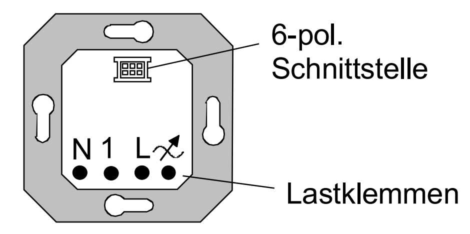


Bild: „System 2000“-Leistungseinsatz

Aufgaben der Leistungseinsätze sind:

- Ansteuern des Schaltelements (Relais oder Halbleiterschalter),
- Auswerten der Signale vom Bedienaufsatz,
- Auswerten der Nebenstellensignale,
- Stromversorgung des Bedienaufsatzes,
- Speichern von Helligkeitswerten (Dimmer), Steuern des Einschaltvorgangs etc.,
- Kurzschluss- und Übertemperaturschutz.

Für diese Aufgaben besitzen die Leistungseinsätze eine integrierte Elektronik, deren Herzstück ein speziell für diese Aufgaben konzipierter Mikrocontroller ist. Zusätzliche externe Bauteile sind im wesentlichen Schaltelemente (Relais, Triac...), Anpassungs- und Schutzelemente sowie Bauteile zur Stromversorgung der Elektronik.

Die Einsätze sind immer so einzubauen, dass die Klemmen unten liegen. (Ausnahme: Präsenzmelder werden in die Decke eingebaut.)

Beim Stromdurchgang z. B. durch einen Triac entsteht Verlustleistung, die in Wärme umgesetzt wird. Die Komponenten wurden in den Einsätzen so angeordnet, dass die empfindlichen ICs von der nach oben steigenden Wärme möglichst wenig beeinflusst werden.

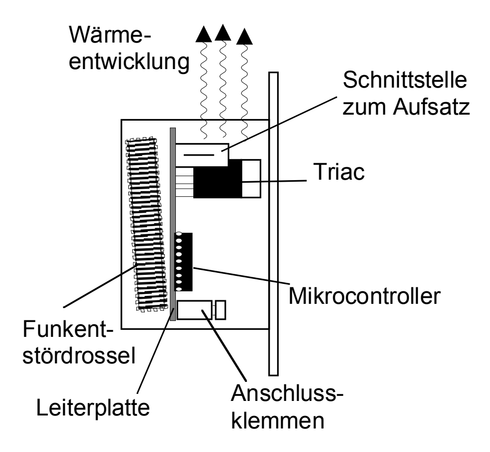


Bild: Einbaulage eines „System 2000“-Einsatzes

Aufsätze

Die Bedienaufsätze existieren für alle Schalterprogramme und müssen nur noch durch den geeigneten Rahmen vervollständigt werden. Die Aufsätze werden auf den jeweiligen Einsatz aufgesetzt und mit Federklemmen fixiert. „Aktive“ Aufsätze wie Funktaste und Präsenzmelder besitzen einen eigenen Mikrocontroller, der die Auswertung der Sensorik und der Nebenstellen übernimmt und den Einsatz steuert.

Schnittstelle

Bedienaufsatz und Leistungseinsatz sind miteinander über eine 6-polige Schnittstelle elektrisch verbunden. Die Schnittstelle

- versorgt den Aufsatz mit der notwendigen Spannung,
- übermittelt die Bediensignale vom Aufsatz an den Einsatz,
- übermittelt die Bedienung durch Nebenstellen an den Aufsatz,
- sendet Sollwerte vom Aufsatz an den Einsatz (PIR mit Abdimmfunktion oder Lichtszenen).

Bezogen auf die Umgebung liegt auf der Schnittstelle die Netzspannung 230 V. Einführen von Gegenständen zu Mess- oder anderen Zwecken ist daher nicht erlaubt!

Nebenstellen existieren als 2-Draht- (für Kurzhubtaste) und 3-Draht-Nebenstelle. Die 2-Draht-Version besitzt keinen N-Leiter-Anschluss und kann daher keine Versorgungsspannung für aktive Aufsätze (Funk-, PIR- etc.) zur Verfügung stellen. Aus diesem Grunde ist die Schnittstelle mechanisch codiert, damit nicht erlaubte Kombinationen vermieden werden. Die Steckbuchse der Einsätze besitzt hierzu zwei bzw. vier Aussparungen, der Steckkontakt der Aufsätze besitzt die dazu passenden Vorsprünge.

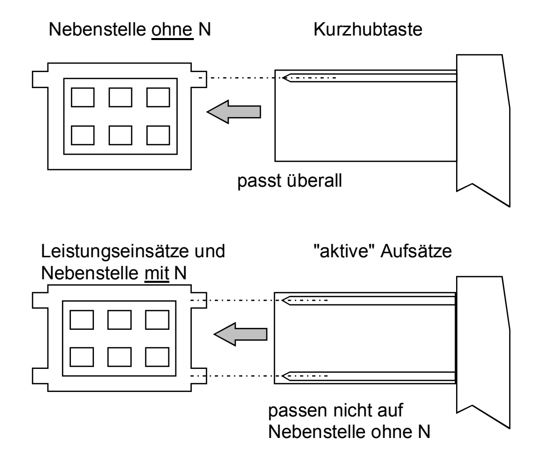


Bild: Mechanische Codierung der Schnittstelle

Die Kurzhubtaste passt so auf alle Einsätze. „Aktive“ Aufsätze passen mechanisch nur auf die Leistungsaufsätze und Nebenstellenaufsätze mit N-Leiter-Anschluss.

Hard- und Software

Die in den Einsätzen und einigen „intelligenten“ Aufsätzen enthaltenen Mikrocontroller („µC“) beinhalten bereits viele Funktionen eines Computers, z. B.

- Prozessor (CPU),
- Analog-Digital- und Digital-Analog-Wandler,
- Timer-Funktion,
- Programm- (ROM) und Arbeitsspeicher (RAM).

Die wesentlichen Aufgaben des Mikrocontrollers sind Auswertung der Bedienungen an Haupt- und Nebenstelle, Ansteuerung der Leistungselektronik, Speichern des Memory-Wertes etc. Diese Aufgaben werden durch eine fest im ROM befindliche Software abgearbeitet.

Durch die Integration der Mikroprozessortechnik in Unterputz-Geräte können die Produkte stetig optimiert und gezielt weiterentwickelt werden: Neue Funktionen (z. B. Anpassen der Bedienaufsätze an neue Leistungseinsätze) können so implementiert werden, indem die Software überarbeitet wird, während die Hardware nicht verändert werden muss.

Der aktuelle Stand („Release“) ist auf die Geräte aufgestempelt (z. B. „R2“); der Funktionsumfang ist im Detail der jeweiligen Bedienungsanleitung und den sonstigen Produktbeschreibungen zu entnehmen.

Betrieb mit Netzabschaltautomaten

Zur Vermeidung von „Elektrosmog“, z. B. im Schlafzimmerbereich, existieren spezielle Abschaltautomaten, die einen ganzen Installationsbereich vom Netz trennen, wenn keine Verbraucher eingeschaltet sind. Die 230-V-Wechselspannung wird erst wieder zugeschaltet, wenn ein Verbraucher eingeschaltet wird.

Um das Einschalten der Verbraucher zu erkennen, speist der Automat eine geringe Gleichspannung (typ. 2,5 V) ein. Da diese Spannung jedoch zu gering ist, um die Elektronik von Einsatz und Aufsatz zu versorgen, sind die „System 2000“-Geräte für den Betrieb mit Netzabschaltautomaten nicht geeignet.

Der häufig benutzte Begriff „Freischaltautomat“ (oder „Netzfreischalter“) sollte für Netzabschaltautomaten nicht verwendet werden!

„Freischalten“ beinhaltet lt. VDE „das allseitige Abschalten oder Abtrennen einer Anlage, eines Teiles einer Anlage oder eines Betriebsmittels von allen nicht geerdeten Teilen.“ Zum „Freischalten“ gehört außerdem das Entladen von Kondensatoren, die z. B. in EVG von Leuchtstofflampen oder TRONIC-Trafos enthalten sein können.

Freischalten gehört damit zu den elementaren Sicherheitsregeln für das Arbeiten an elektrischen Anlagen zur Vermeidung von Gefahren durch den elektrischen Strom. Daher sind auch gewisse Anforderungen an die Isolierfähigkeit des Schaltelements gestellt. Eng verknüpft mit „Freischalten“ ist das Sichern gegen Wiedereinschalten. Netzabschaltautomaten hingegen schalten die 230-V-Wechselspannung bei Anforderung des Lastkreises automatisch wieder zu.

Galvanische Trennung des Lastkreises

Mechanische Schalter trennen die Leiterverbindung mechanisch auf und unterbrechen somit den Stromfluss. Der Isolationswiderstand der trennenden Luftstrecke – und des Schaltergehäuses – beträgt ca. 10^{12} Ω; d. h. es können nur äußerst geringe Kriechströme fließen. Im ausgeschalteten Zustand liegt die Netzspannung also am Schalter an und nicht am Verbraucher.

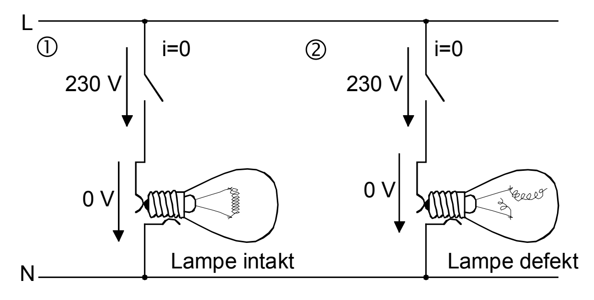


Bild: Strom und Spannung an einer defekten Lampe mit mechanischem Schalter

Halbleiterschalter – z. B. Triac und MOSFET – trennen den Stromkreis nicht galvanisch, sondern es fließt auch im ausgeschalteten Zustand immer ein geringer Sperrstrom (wenige mA). Wenn ein Leuchtmittel ausfällt oder ausgetauscht wird, kann dieser Strom nicht fließen. Da der elektrische Widerstand an der Unterbrechungsstelle sehr viel größer ist als der des Halbleiterschalters, liegt dann die gesamte Netzspannung an den Leuchtenkontakten!

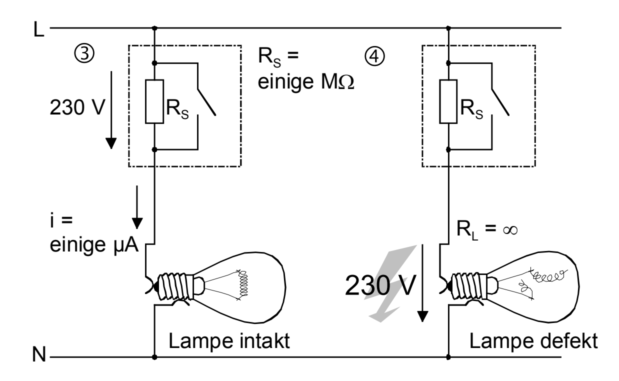


Bild: Strom und Spannung an einer defekten Lampe mit elektronischem Schalter

Beim Arbeiten am Laststromkreis sollte daher unbedingt freigeschaltet, d. h. der Sicherungsautomat ausgeschaltet werden!

Gleiches gilt, wenn Leistungseinsätze mit Relaiskontakt verwendet werden. Relais mit „µ-Kontakt“ unterbrechen den Stromfluss mechanisch, sind jedoch kein Garant für „Sichere Trennung“.

2.3 Dimmer-Einsätze

Innerhalb des „„System 2000“ stehen die folgenden Dimmeinsätze zur Verfügung:

- NV-Tastdimmer 20-500 W/VA
- Universal-Tastdimmer 50-420 W/VA
- 1-10-V-Einsatz 700 W

2.3.1 NV-Tastdimmer-Einsatz

Der Niedervolt-Tastdimmer-Einsatz ist geeignet zum Dimmen von

- Standard-Glühlampen,
- HV-Halogenglühlampen, und
- NV-Halogenglühlampen mit konventionellem Trafo.

Konventionelle NV-Trafos (gewickelte Kupfer-Trafos) bieten sich wegen ihres günstigeren einmaligen Anschaffungspreises an. Nachteilig ist die große und schwere Bauform, die beim Design und der Konstruktion von NV-Leuchten berücksichtigt werden müssen. NV-Trafos müssen in Verbindung mit Dimmern mindestens zu 85% ausgelastet sein, weil sonst durch die Induktivitäten des Trafos und die Kapazitäten im Dimmer Schwingungen entstehen können, die die Geräte schädigen können. Außerdem würde sonst die Sekundärspannung für die NV-Lampen unzulässig hoch. Man ist also hinsichtlich der anzuschließenden Lampenleistung sehr eingeengt. Weitere Nachteile sind relativ hohe Verlustleistung (Leitungs- und Magnetfeldverluste), Neigung zu Brummen im Betrieb, keine Überlastsicherheit, und notwendige Sicherungswechsel. Unverzichtbar sind konventionelle Trafos jedoch, wenn die Sekundärleitungslänge 2 m übersteigt, z. B. in Seil- oder Stangensystemen.

TRONIC-Trafos sind kompakter, leichter, besitzen einen großen Lastbereich, sind geräuscharm und wartungsfrei. Der Wirkungsgrad ist auch bei geringen Leistungen – im Gegensatz zu gewickelten Trafos – mit 95% sehr hoch. TRONIC-Trafos können nicht eingesetzt werden, wenn auf der Sekundärseite mehr als 2 m Leitungslänge verlegt sind.

Der NV-Dimmer arbeitet nach dem Phasenanschnitt-Prinzip und ist daher **nicht** geeignet zum Dimmen von kapazitiven Lasten, z. B. TRONIC-Trafos! Beim Austausch von konventionellen Trafos gegen TRONIC-Trafos ist ggf. der NV-Dimmeinsatz gegen einen Universal-Dimmeinsatz auszutauschen.

Als Schaltelement wird ein Triac verwendet. Sobald der Stromfluss in einer Halbwelle gezündet worden ist, kann er – aufgrund des physikalischen Wirkprinzips des Triac – bis zum Ende der Netzhalbwelle nicht mehr ausgeschaltet werden. Deshalb besitzt der Dimmer eine Feinsicherung als Kurzschlussschutz.

Damit der NV-Dimmer ohne Änderung der Installationszuleitungen anstelle eines mechanischen Schalters eingesetzt werden kann, wird auf den Anschluss des N-Leiters verzichtet.

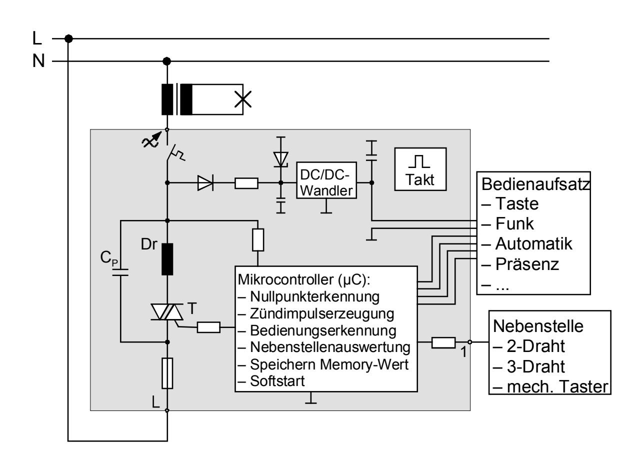


Bild: „System 2000“-NV-Dimmeinsatz

Ohne N-Leiter-Anschluss steht die Netzspannung nicht unmittelbar am Dimmer für die Stromversorgung der Elektronik zur Verfügung und muss auf anderem Wege gewonnen werden. Während der Triac sperrt, steht zwischen den Klemmen L und ⤯ die komplette Netzspannung an und kann über eine Diode einen Kondensator aufladen, der während der übrigen Zeit die Versorgung von Einsatz und Bedienaufsatz übernimmt. Auch im durchgeschalteten Zustand (maximale Helligkeit) muss ein sogenannter „Restphasenwinkel“ bestehen bleiben, d. h. der Strom wird dann erst ca. 2 ms nach Beginn der Sinushalbwelle eingeschaltet.

Die Drossel Dr und der Kondensator C_P sind zur Funkentstörung vorhanden.

Die integrierte Elektronik erkennt den Nulldurchgang der Netzspannung und erzeugt die für den Triac notwendigen Zündimpulse, speichert die festgelegte Einschalthelligkeit, steuert den Dimmvorgang und wertet die Signale des Aufsatzes und der Nebenstelle(n) aus.

Das Einschalten erfolgt als lampenschonender „Softstart“:

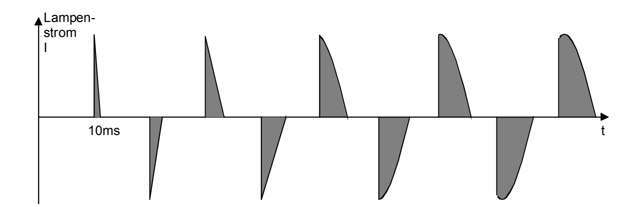


Bild: Softstart beim NV-Phasenanschnitt-Dimmer

Der Einschaltstrom kalter Glühlampen beträgt etwa das 10-fache des Betriebsstroms. Erst nach 40 ms hat der Glühfaden die Betriebstemperatur erreicht; bei Halogenlampen (HV- und NV-) dauert der Aufheizvorgang sogar 300 ms. In der Praxis macht sich der erhöhte Einschaltstrom dadurch bemerkbar, dass das Durchbrennen von Glühlampen meist beim Einschalten erfolgt. Beim Softstart wird die Stromflusszeit langsam erhöht, bis die Einschalthelligkeit erreicht ist.

Triac können wie alle Halbleiterschalter durch zu hohe Temperaturen zerstört werden. Aus diesem Grunde wird in unmittelbarer Nähe zum Triac ein Bimetall-Schaltelement als Übertemperaturschutz plaziert. Wenn die Temperatur im Gerät zu hoch wird, löst dieser Schutz aus. Der Dimmer kann erst wieder eingeschaltet werden, wenn die Temperatur soweit gesunken ist, dass der Bimetallkontakt wieder schließt. Je nach Umgebungstemperatur und Einbau-Umgebung (Steinwand, Gipskarton...) kann der Abkühlvorgang einige Zeit (10...20 Minuten) dauern.

2.3.2 Universal-Tastdimmer-Einsatz

Der Universal-Dimmer misst nach dem Einschalten der 230-V-Netzspannung die Charakteristik der angeschlossenen Last und wählt das angemessene Dimmprinzip – Phasenanschnitt oder -abschnitt – selbsttätig.

Lastart	Dimmprinzip
Standard-Glühlampen	Phasenabschnitt
HV-Halogenglühlampen	
NV-Halogenglühlampen mit TRONIC-Trafo	
NV-Halogenglühlampen mit konventionellem Trafo	Phasenanschnitt

Der Einmessvorgang erfolgt bei jedem Einschalten der Netzspannung neu. Bei Einsatz eines Universaldimmers können Leuchtmittel während der Anlagenbetriebsdauer getauscht werden (Niedervolt-Lampen mit gewickeltem oder TRONIC-Trafo oder Hochvolt-Lampen).

Der Universal-Dimmeinsatz versorgt sich über die Last. Daher bedeutet Unterbrechung der Lastleitung (Abklemmen; durchgebrannte Leuchtmittel) für den Dimmeinsatz auch gleichzeitig Verlust der Netzspannung. Sobald der Stromkreis also wieder hergestellt ist, misst sich der Universal-Dimmer also auch neu ein (ggf. Flackern der Leuchtmittel).

Achtung: TRONIC- und konventionelle Trafos dürfen nicht gemeinsam an einem Universal-Dimmer betrieben werden!

Wird ein TRONIC-Trafo im Phasenanschnitt betrieben, entsteht durch die kapazitive Last ein großer Einschaltstrom und Schwingungen.

Beim Dimmen induktiver Lasten im Phasenabschnitt hingegen erzeugt die induktive Last entsprechende Überspannungen, die den Halbleiterschalter schädigen können. Blindströme zwischen den Lasten können zu Schwingungen, Lampenflackern, Geräuschbildung bis zur Zerstörung von Anlagenteilen führen.

Ohmsche Lasten dürfen mit induktiven oder kapazitiven Lasten gemischt betrieben werden, solange die zugelassene Maximallast nicht überschritten wird. Um allerdings induktive Lasten zuverlässig erkennen zu können, soll der Anteil induktiver Last mindestens 50% der Gesamtleistung betragen.

Für den Betrieb im Phasenan- und –abschnitt müssen die Halbleiterschalter in der Lage sein, den Strom zu jedem Zeitpunkt innerhalb der Sinushalbwelle ein- und auszuschalten. Deshalb werden vier MOSFET verwendet, die als Gleichrichterbrücke geschaltet sind. Die Ansteuerung der Leistungselektronik übernimmt eine Steuerelektronik, deren Herz auch hier ein Mikrocontroller ist.

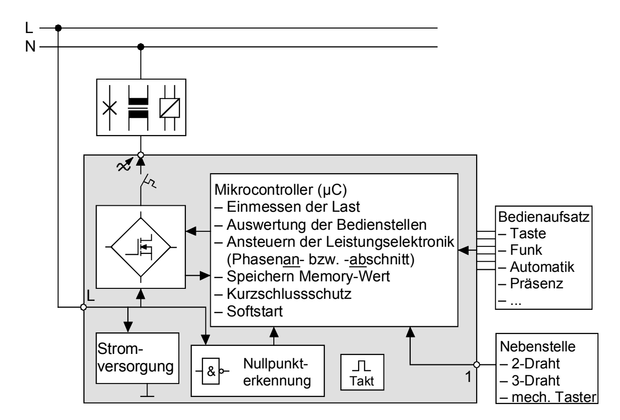


Bild: „System 2000“-Universal-Dimmeinsatz – Blockschaltbild

Der Universal-Dimmer kann anstelle eines mechanischen Schalters, ohne Änderung der Installationszuleitungen, eingesetzt werden.

Die Versorgungsspannung wird aus dem „Restphasenwinkel“ gewonnen: Auch im durchgeschalteten Zustand (maximale Helligkeit) sperrt der MOSFET den Stromfluss für ca. 2 ms innerhalb einer Halbwelle. Während dieser Zeit liegt die komplette Netzspannung an den Klemmen und kann über eine Diode einen Kondensator aufladen, der während der übrigen Zeit die Versorgung von Einsatz und Bedienaufsatz übernimmt.

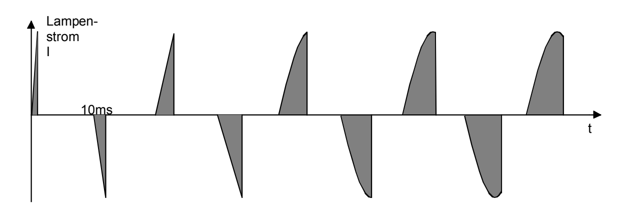


Bild: Softstart im Phasenabschnittbetrieb

Das Einschalten der Lampenlast geschieht auch beim Universaldimmer als lampenschonender „Softstart“. Die Stromflusszeit pro Halbwelle wird langsam erhöht, bis die Einschalthelligkeit erreicht ist – im Phasenan- wie auch im Phasenabschnittbetrieb.

Aufgrund der Eigenschaften der verwendeten MOSFET und einer schnellen Überstromerkennung kann der Stromfluss jederzeit vom Dimmer ausgeschaltet werden. Daher benötigt der Universal-Dimmer-Einsatz keine Feinsicherung als Kurzschlussschutz und ist somit wartungsfrei. Der Laststrom wird über einen Vorwiderstand gemessen. Bei Erkennen eines Kurzschlusses oder einer Überlast unterbrechen die MOSFET den Stromfluss. Die automatische Wiederanlauf-Funktion prüft im Anschluss, ob bei Wiedereinschalten des Laststroms der Kurzschluss immer noch vorliegt; bei nur kurzzeitigem Kurzschluss werden die Verbraucher automatisch wieder eingeschaltet.

Das Einschalten der Verbraucher nach Erkennen eines Kurzschlusses erfolgt im Phasenabschnitt-Betrieb noch nach 7 s; im Phasenanschnitt-Betrieb werden die Verbraucher schon nach 100 ms bleibend ausgeschaltet. Liegt nämlich bei einer induktiven Last ein sekundärseitiger Kurzschluss vor, so erzeugt die Induktivität beim Ausschalten des Stromflusses hohe Überspannungen, die den Dimmer beschädigen können.

Die Halbleiterschalter werden also im Phasenanschnitt-Betrieb durch einen Kurzschluss wesentlich höher belastet als im Phasenabschnitt-Betrieb. Nach 100 ms, entsprechend 10 „Wiederanlaufversuchen“, wird daher der Stromfluss abgeschaltet.

MOSFET können durch zu hohe Temperaturen zerstört werden. Ein Übertemperaturschutz sorgt dafür, dass die Halbleiterschalter im Betrieb nicht zu warm werden. Hierzu ist im Gerät in unmittelbarer Nähe zu einem der MOSFET ein Bimetall-Schaltelement plaziert. Wenn die Temperatur im Gerät zu hoch wird, löst dieser Schutz aus. Der Dimmer kann erst wieder eingeschaltet werden, wenn die Temperatur soweit gesunken ist, dass der Bimetallkontakt wieder schließt. Je nach Umgebung kann dies bis zu 20 Minuten dauern.

2.3.3 1-10-V-Einsatz

Der 1-10-V-Einsatz dient zum Steuern von

- Leuchtstofflampen, die mit EVG mit 1-10-V-Steuereingang betrieben werden, und
- NV-Halogenlampen mit TRONIC-Trafo mit 1-10-V-Steuereingang.

Er besitzt hierzu zwei Funktionen:

- Ein- und Ausschalten der Stromversorgungskreise der EVG,
- Steuern der Lampenhelligkeit über das 1-10-V-Signal.

Der 1-10-V-Einsatz arbeitet nach dem gleichen Prinzip wie ein Elektronisches Potentiometer. Die angeschlossenen EVG oder elektronischen Trafos dienen als Stromquelle und liefern an ihren 1-10-V-Ausgängen einen Konstantstrom. Der 1-10-V-Einsatz dient als Stromsenke und stellt seinen Widerstand so ein, dass der Wert der sich einstellenden Spannung der gewünschten Helligkeit entspricht. Die EVG bzw. elektronischen Trafos messen ebenfalls die Spannung und steuern die Helligkeit entsprechend dem Wert der Steuerspannung.

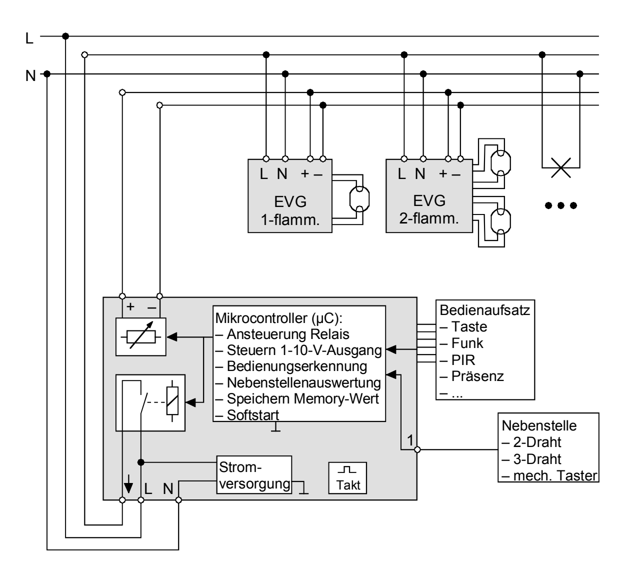


Bild: 1-10-V-Einsatz – Anschlussbeispiel

Der 1-10-V-Einsatz besitzt einen Relais-Ausgang zum direkten Ein- und Ausschalten der Lampen sowie einen Steuerausgang 1-10 V. Da der Relaiskontakt ein mechanisches Schaltelement darstellt, steht kein Restphasenwinkel zur Verfügung, aus dem die Versorgungsspannung gewonnen werden könnte. Das Gerät benötigt daher den Anschluss des N-Leiters.

Da das Gerät keine Feinsicherung besitzt, kann im gestörten Betrieb maximal der Abschaltstrom des vorgeschalteten Sicherungsautomaten fließen. Dieser darf aus thermischen Gründen nicht zu groß werden; daher darf der Nennwert des Sicherungselements max. 10 A betragen. Einschaltströme – von EVG genauso wie von Glühlampen – können ein Vielfaches hiervon betragen (bis 20 A pro EVG).

Für den Dauerbetrieb beträgt die maximale Last 700 W. Solange die Schaltleistung nicht überschritten wird können über den Relaiskontakt auch andere Lampenlasten geschaltet werden. Allerdings ist – insbesondere bei Energiesparlampen – der Einschaltstrom zu beachten!

Die maximale Anzahl von EVG, die angeschlossen werden können, richtet sich nach dem maximalen Steuerstrom des Steuerausgangs (50 mA) und der Schaltleistung des integrierten Relais (max. 700 W).

Hersteller	I_{ST} pro EVG	Max. Anz. EVG
Helvar	max. 1,0 mA	50
INSTA	max. 0,8 mA	62
Siemens	max. 0,8 mA	62
Osram	max. 0,6 mA	83

Bild: Typische Steuerströme verschiedener EVG

Anmerkungen:

- Die Steuerstromangaben sind typische Werte; für die Anwendung sind die konkreten Werte der EVG aus der zugehörigen Produktdokumentation anzuwenden, die von diesen Angaben abweichen können.
- Wegen des Leitungswiderstandes darf die Leitungslänge zwischen EVG und 1-10-V-Einsatz max. 500 m (bei einem Leiterquerschnitt von 0,5 mm²) betragen.
- EVG mit hohen Einschaltströmen können die Anzahl anschließbarer EVG herabsetzen.

Einstellen der Grundhelligkeit

Während die Minimalhelligkeit bei Glühlampen-Dimmern sehr gut so einstellbar ist, dass der Einschaltzustand der Lampen immer erkennbar ist, besitzen EVG so unterschiedliche Charakteristika, dass die Grundhelligkeit in der Anlage am jeweiligen Steuergerät selbst eingestellt werden muss.

Zu diesem Zweck wird – auch wenn andere Bedienaufsätze vorgesehen sind – der Tastaufsatz verwendet. (Funkaufsatz ist hierfür nicht geeignet.)

Der Tastaufsatz wird nach Installation der Anlage auf den 1-10-V-Einsatz aufgesteckt. Die Versorgungsspannung wird eingeschaltet und die angeschlossenen Lampen ggf. ausgeschaltet. Dann wird die Taste ca. 20 s vollflächig betätigt. Der Einsatz schaltet die Lampen mit minimaler Helligkeit ein und dimmt bis Maximum. Nach Ablauf der 20 s werden die Lampen – zur Anzeige der Programmierbereitschaft – auf halbe Helligkeit gestellt. Nun können die Lampen dunkler gedimmt werden, bis die gewünschte Grundhelligkeit erreicht ist. 20 s nach der letzten Einstellung wird die Grundhelligkeit abgespeichert und die Last zur Bestätigung abgeschaltet. Da dieser Wert nur flüchtig gespeichert ist, geht er bei Netzausfall > 1 s verloren.

Nach Einstellen der Grundhelligkeit kann die Kurzhubtaste durch den gewünschten Bedienaufsatz ersetzt werden.

Freischalten

Der Relaiskontakt im 1-10-V-Einsatz unterbricht den Laststromkreis mechanisch. Des weiteren besteht zwischen 1-10-V-Steuerausgang und 230-V-Seite eine galvanische Trennung. Trotzdem ist der 1-10-V-Einsatz nicht zum Freischalten geeignet, da die Steuerleitung auch nach dem Ausschalten immer noch mit der Last (= Lampe mit Betriebsgerät) verbunden ist. Im Innern der Lasten findet nicht immer eine galvanische Trennung zwischen Kleinspannung und Netzspannung statt.

2.4 Schalteinsätze

Die folgenden Schalteinsätze stehen zur Verfügung:

- Triac-Schalteinsatz 40-400 W/VA
- MOSFET-Schalteinsatz 50-420 W/VA
- Universal-Relais-Einsatz 2.300 W/VA

Für die Bedienung von Licht- und HLK-Komponenten dient der

- 2-fach Schalteinsatz HLK + Licht

2.4.1 Triac-Schalteinsatz

Der Triac-Schalteinsatz ist geeignet zum Schalten von

- Standard-Glühlampen,
- HV-Halogenglühlampen und
- NV-Halogenglühlampen mit konventionellem Trafo.

Als Schaltelement wird ein Triac verwendet. Sobald der Stromfluss in einer Halbwelle gezündet worden ist, kann er also – bis zum Ende der Halbwelle – nicht mehr ausgeschaltet werden. Wie die Phasenanschnittdimmer (hier ist der Zündzeitpunkt des Triac variabel) besitzt der Schalteinsatz deshalb eine Feinsicherung.

Der Triac-Schalteinsatz ist **nicht** geeignet zum Schalten von kapazitiven Lasten, z. B. TRONIC-Trafos! Beim Austausch von konventionellen Trafos gegen TRONIC-Trafos ist ggf. der Triac-Schalteinsatz gegen einen MOSFET- oder Relais-Einsatz auszutauschen.

Der Triac-Schalteinsatz wird mit seinen Klemmen L und ⤯ in die Verbraucherleitung geschaltet. Die Versorgungsspannung muss also aus dem durch den Schalteinsatz fließenden Strom gewonnen werden. Dies hat folgende Konsequenzen:

1. Im durchgeschalteten Zustand (Verbraucher ist eingeschaltet) besteht ein „Restphasenanschnitt“ von ca. 2 ms, d. h. der Stromfluss wird erst 2 ms nach Beginn der Sinushalbwelle eingeschaltet. Während dieser Zeit liegt die komplette Netzspannung am Schalteinsatz und kann über eine Diode einen Kondensator aufladen, der während der übrigen Zeit die Versorgung von Ein- und Aufsatz übernimmt.
2. Es erfolgt keine galvanische Trennung des Verbrauchers von der Versorgungsspannung. Wenn im Verbraucher der Stromkreis unterbrochen wird – z. B. herausgeschraubtes oder durchgebranntes Leuchtmittel –, liegt auch im ausgeschalteten Zustand an den Verbraucherklemmen die volle Netzspannung von 230 V!

Der Triac-Schalteinsatz verfügt über den vom NV-Tastdimmer bekannten Softstart. Schutz gegen Kurzschluss ist gewährleistet durch die eingebaute Feinsicherung.

Angeschlossene Trafos müssen mindestens zu 85% ihrer Nennlast belastet werden. Die Tabelle zeigt hierzu einige typische Beispiele:

Trafo-Nennlast	Mindestlampenlast
40 VA	35 W
100 VA	85 W
200 VA	170 W
300 VA	255 W
350 VA	300 W
400 VA	340 W

Die Verlustleistung der Transformatoren muss ebenfalls berücksichtigt werden. Wenn hier keine gesicherten Werte aus Datenblättern vorliegen, muss die Anschlussleistung (Leuchtmittel und Trafo-Verlustleistung) bei der Inbetriebnahme durch eine Strommessung ermittelt werden:

$$P_{ges} = I_{Mess} \cdot 230V$$

Ist dies nicht möglich, kann man als Faustwert für die Verlustleistung 20% annehmen. Bei voller Auslastung darf die Lampenleistung also max. 330 W betragen; ein Trafo mit vier NV-Lampen zu je 25 W (= 100 W gesamt) bildet eine Gesamtlast von 120 W.

2.4.2 MOSFET-Schalteinsatz

Der MOSFET-Schalteinsatz arbeitet immer nach dem Phasenabschnittprinzip, d. h. der Stromfluss wird für jede Netzhalbwelle, also 100 Mal pro Sekunde, neu eingeschaltet. Der MOSFET-Schalteinsatz eignet sich zum Schalten von

- Standard-Glühlampen,
- HV-Halogenglühlampen, und
- NV-Halogenglühlampen mit TRONIC-Trafo.

Achtung: NV-Lampen mit konventionellen, induktiven Trafos dürfen nicht an einem MOSFET-Schalteinsatz betrieben werden! Der gemischte Betrieb von TRONIC- und konventionellen Trafos ist ebenfalls nicht möglich. Beim Austausch von NV-Leuchten mit entsprechenden Betriebsgeräten muss der Schalteinsatz gegen einen Triac- oder Relais-Einsatz ausgetauscht werden.

Der MOSFET-Schalteinsatz wird mit seinen Klemmen L und ↗ in die Verbraucherleitung geschaltet. Die Versorgungsspannung muss also aus dem durch den Schalteinsatz fließenden Strom gewonnen werden. Dies hat folgende Konsequenzen:

1. Im durchgeschalteten Zustand (Verbraucher ist eingeschaltet) besteht ein „Restphasenabschnitt“ von ca. 2 ms, d. h. der Stromfluss wird 2 ms vor Ende der Sinushalbwelle ausgeschaltet. Während dieser Zeit liegt die komplette Netzspannung an den Klemmen des Schalteinsatzes und kann über eine Diode einen Kondensator aufladen, der während der übrigen Zeit die Versorgung von Einsatz und Bedienaufsatz übernimmt.
2. Es erfolgt keine galvanische Trennung des Verbrauchers von der Versorgungsspannung. Wenn im Verbraucher der Stromkreis unterbrochen wird – z. B. herausgeschraubtes oder durchgebranntes Leuchtmittel –, liegt auch im ausgeschalteten Zustand an den Verbraucherklemmen die volle Netzspannung von 230 V!

2.4.3 Universal-Relais-Einsatz

Der Universal-Relais-Einsatz schaltet angeschlossene Verbraucher galvanisch ein und aus. Er eignet sich somit zum Schalten von

- Standard-Glühlampen,
- HV-Halogenglühlampen,
- NV-Halogenglühlampen mit konventionellem oder TRONIC-Trafo und
- Leuchtstofflampen.

Mischlasten der angegebenen Lastarten sind grundsätzlich möglich; kapazitive und induktive Lasten dürfen jedoch nicht gemischt werden.

Erfolgt das Ein- bzw. Ausschalten gemischter kapazitiv-induktiver Lasten außerhalb des Nulldurchgangs, so entsteht eine entsprechende Schaltflanke, die zu Schwingungen und Überspannungen führen kann. Das Gerät oder die Lampenbetriebsgeräte können hierdurch beschädigt werden.

Anschlussleistung

- Glühlampen 2.300 W
- HV-Halogenlampen 2.300 W
- Tronic Trafos: 1.500 W
- Konventionelle Trafos: 1.000 VA

  Die Gesamtlast einschließlich Trafoverlustleistung darf 1.000 VA nicht überschreiten. Im Zweifelsfall muss die Anschlussleistung bei der Inbetriebnahme gemessen werden. Ist dies nicht möglich, darf die Lampenlast auf der Sekundärseite max. 835 W (20% Verlustleistung) betragen.
- Leuchtstofflampen
  unkompensiert: 1.200 VA
  parallelkompensiert: 920 VA
  Duo-Schaltung: 2.300 VA
- Einschaltstrom: max. 20 A
  für 4 s bei 10% Einschaltdauer.

Sogenannte „Energiesparlampen“ haben ein im Lampensockel eingebautes Vorschaltgerät. Je nach Hersteller können hier unterschiedlich hohe Kapazitäten eingebaut worden sein, die sehr hohe Einschaltspitzenströme erzeugen. Bei Lampen mit zu hohen Einschaltströmen können aufgrund der Hitzeentwicklung beim Schaltvorgang die Relaiskontakte verkleben. Deswegen sollte die Eignung der Lampen vor dem Einsatz geprüft werden, z. B. durch die Messung des Einschaltstroms. Wenn dies in der Werkstatt – vor der Inbetriebnahme – geschieht, muss darauf geachtet werden, dass die Messung nicht durch ein zu „weiches“ Versorgungsnetz verfälscht wird.

Versorgungsspannung

Da als Schaltelement ein mechanisches Relais verwendet wird, welches nicht für jede Sinushalbwelle ein- und ausgeschaltet wird, kann der Relais-Einsatz seine Versorgungsspannung nicht aus dem Laststrom gewinnen, sondern benötigt zusätzlich den N-Leiter als Bezugspotential.

Trotz des integrierten Relais, welches den Stromfluss mechanisch unterbricht, ist der Relais-Einsatz nicht zum Freischalten geeignet.

2.4.4 Schalteinsatz Licht + HLK

Der Schalteinsatz Licht + HLK ist für die Kombination mit HLK-Anwendungen (Heizen, Lüften, Klima) konzipiert.

Er besitzt zwei Relais als Schaltelemente, von denen das eine zum unverzögerten Schalten von Beleuchtung, das andere zum verzögerten Bedienen eines HLK-Kanals vorgesehen ist. Dies können sein:

- Thermostatschalter zum Bedienen eines Heizkreises
- Lüftersteuerung im WC-Bereich
- Ansteuern eines Klimagerätes

Mit einem Präsenzmelderaufsatz ist es möglich, Heiz- bzw. Kühlleistung nur dann abzurufen, wenn sie wirklich benötigt wird. Die „System 2000“-Nebenstellentechnik erlaubt auch die Überwachung größerer Bereiche ohne aufwändige Zusatzinstallation.

Anschluss

Die Versorgung von Ein- und Aufsatz erfolgt durch die Anschlüsse L und N. Die an L angeschlossene Phase wird durch das Relais ① auf den Ausgang „↓“ und die angeschlossenen Leuchten geschaltet. An das Relais ② werden die HLK-Komponenten angeschlossen. Da es sich hierbei um potentialfreie Anschlüsse handelt, kann für diese Geräte auch eine zweite Phase benutzt werden.

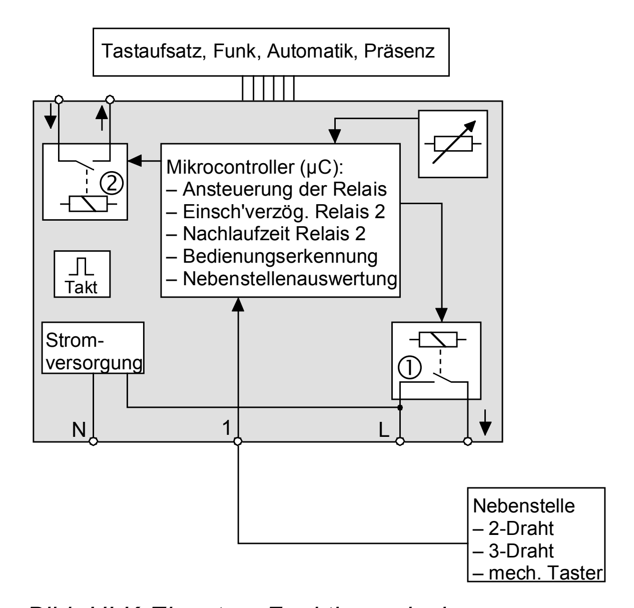


Bild: HLK-Einsatz – Funktionsprinzip

Funktion

Relais 1 wird zum unverzögerten Schalten von Beleuchtung verwendet. Beim Automatik- oder Präsenzaufsatz erfolgt das Einschalten in Abhängigkeit von der Umgebungshelligkeit.

Relais 2 schaltet die angeschlossenen HLK-Komponenten. Das Einschalten erfolgt helligkeitsunabhängig und mit einer Verzögerung von ca. 3 Minuten; zum Ausschalten wird am Einsatz eine Nachlaufzeit eingestellt.

Im einzelnen hängt die Relaisfunktion von der Art des Aufsatzes ab:

HLK + Tastaufsatz (Kurzhubtaste, Funk)		
Relais 1	**Ein**	bei „Ein“-Bedienung
	Aus	bei „Aus“-Bedienung
Relais 2	**Ein**	ca. 3 min nach Relais 1 – wenn dieses noch Ein!
	Aus	nach Ablauf der Nachlaufzeit – wird gestartet bei „Aus“-Bedienung

HLK + PIR-Aufsatz (Automatik, Präsenz)		
Relais 1	**Ein**	bei Bewegung – wenn nicht zu hell!
	Aus	wenn Aufsatz-Signal „Aus“
Relais 2	**Ein**	helligkeitsunabhängig! ca. 3 min nach erstmaliger Detektion – wenn dann noch Bewegung
	Aus	nach Ablauf der Nachlaufzeit – wird gestartet, wenn keine Bewegung mehr erkannt wird **Hinweis:** Ausschalten über Nebenstellenbedienung wirkt nur auf Relais 1 (Licht-Kanal) nicht auf Relais 2.

Die Nachlaufzeit für Relais 2 wird mit dem in den Einsatz integrierten Potentiometer in Stufen zwischen ca. 2 Minuten bis 2 Stunden eingestellt.

Die Funktion des normalen Tastaufsatzes und des intelligenten Aufsatzes Funktaste ist im wesentlichen gleich.

Anschlussleistung

Relais 1:

- Glühlampen 1.000 W
- HV-Halogenlampen 1.000 W
- Tronic-Trafos: 750 VA
- Konventionelle Trafos: 750 VA
  Die Gesamtlast einschließlich Trafoverlustleistung darf 750 VA nicht überschreiten. Im Zweifelsfall muss die Anschlussleistung bei der Inbetriebnahme gemessen werden. Ist dies nicht möglich, darf die Lampenlast auf der Sekundärseite max. 625 W (20% Verlustleistung) betragen.
- Leuchtstofflampen
  unkompensiert: 500 VA

Relais 2:

- Glühlampen 800 W
- HV-Halogenlampen 750 VA
- Motorleistung: 450 VA;
  max. Einschaltstrom 2,1 A

2.5 Nebenstellen

Eine Motivation zur Entwicklung des Unterputz-Baukastens „System 2000“ war, eine komfortable Nebenstellen-Bedienbarkeit für alle UP-Leistungseinsätze zu ermöglichen.

- Gleiche Bedienbarkeit an den Nebenstellen wie an der Hauptstelle,
- Anzahl der Nebenstellen > 3 (Kreuzschaltung) ohne zusätzlichen Geräteaufwand
- sämtliche Aufsätze – soweit sinnvoll – als Nebenstellen verwendbar,
- Installationstaster ebenfalls als Nebenstellen (1-Flächen-Bedienung) möglich.

Die folgenden Randbedingungen mussten beachtet werden:

- Da die meisten Leistungseinsätze keinen N-Leiter-Anschluss besitzen, muss das Bezugspotential für Neben- und Hauptstelle ein gemeinsamer Außenleiter L sein.
- Für „aktive“ Bedienaufsätze muss in der Nebenstelle eine Stromversorgung vorgesehen werden.
- Die Hauptstelle muss eine „System 2000“-Nebenstelle von einem normalen Taster unterscheiden können (1-Flächen-/2-Flächen-Bedienung).
- Die Hauptstelle muss in der Lage sein, eine Wächter-Nebenstelle von einer Taster-Nebenstelle zu unterscheiden.
- Gleichzeitige Bedienungen an mehreren Nebenstellen dürfen nicht zu undefinierten oder sogar gefährlichen Betriebszuständen führen.

Die genannten Anforderungen führten zur Entwicklung von zwei Nebenstellen-Einsätzen:

- 2-Draht-Nebenstelle für Tastaufsatz,
- 3-Draht-Nebenstelle für PIR-Aufsatz (Bewegungs- und Präsenzmelder).

Ein Funk-Schalter (bzw. -Dimmer) ergibt als Nebenstelle keinen zusätzlichen Nutzen; daher ist dieser Aufsatz nur als Hauptstelle zu benutzen.

Automatikschalt- und Präsenzmelder-Aufsatz können nur dann als Nebenstelle benutzt werden, wenn die Hauptstelle auch mit PIR-Aufsatz ausgestattet ist.

2.5.1 Nebenstelleneingang der Hauptstelle

Der Nebenstelleneingang der Hauptstelle (Klemme „1“) bildet – im Gegensatz zu früheren Systemen – einen hochohmigen Eingang und misst die an „1“ anstehende Spannung. Als Bezugspotential dient der angeschlossene L-Leiter. Deshalb müssen Haupt- und Nebenstellen an den gleichen Außenleiter angeschlossen werden.

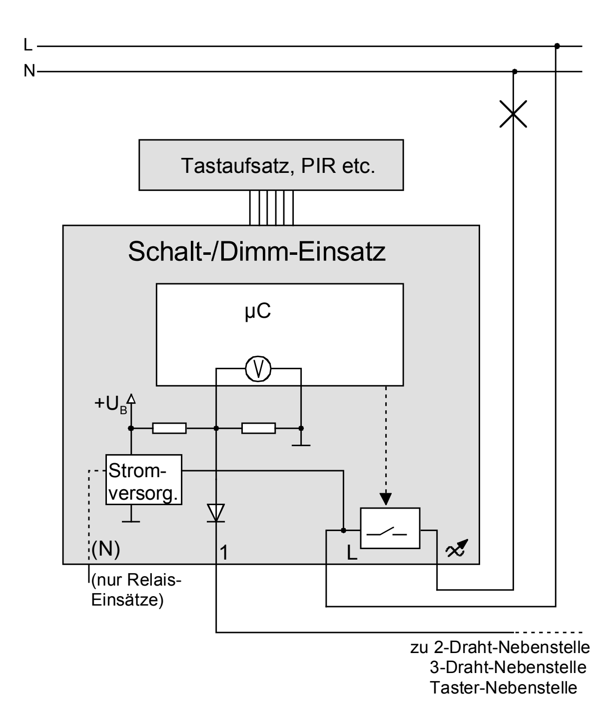


Bild: Funktion des Nebenstelleneingangs

Jeder Einsatz erzeugt intern eine Versorgungsspannung U_B und eine zugehörige Masse. Auf der Klemme „1“ wird mit einem Spannungsteiler eine Spannung gegen L erzeugt (ca. 15 V).

Die Nebenstellenleitung darf bis zu 100 m lang werden. Auf dieser Länge bilden sich Leitungskapazitäten, die für die Spannungsmessung nicht vernachlässigt werden können. Damit hier definierte Verhältnisse vorliegen, ist im Nebenstelleneingang eine Gleichrichterdiode integriert. Hierdurch wird die Nebenstellenleitung mit einer festen Spannung aufgeladen.

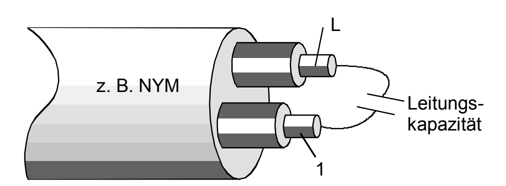


Bild: Leitungskapazität der Nebenstellenleitung

2.5.2 2-Draht-Nebenstelle

Der 2-Draht-Nebenstelleneinsatz wird in Verbindung mit dem Tastaufsatz („Kurzhubtaste") eingesetzt. Die Nebenstelle unterscheidet – wie die Hauptstelle – zweiflächige (Tastendruck oben/unten) und vollflächige Bedienung.

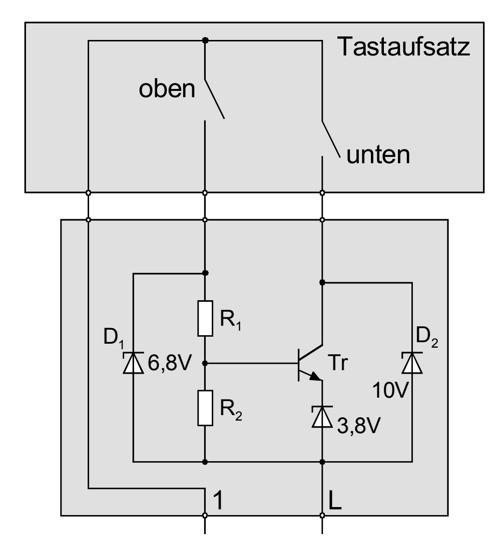


Bild: Funktion der 2-Draht-Nebenstelle

Je nach Tastendruck – oben, unten oder beide gleichzeitig (vollflächig) – wird auf der Nebenstellenleitung eine Spannung gegen L erzeugt, die die Hauptstelle auswerten kann:

Betätigung	Spannung zw. „1" und „L"
unten	10 V
oben	6,8 V
beide	4 V

Eine Zener-Diode (auch „Z-Diode") wird in Sperrrichtung betrieben und ist so dimensioniert, dass die maximale Sperrspannung zur Spannungsstablisierung genutzt werden kann.

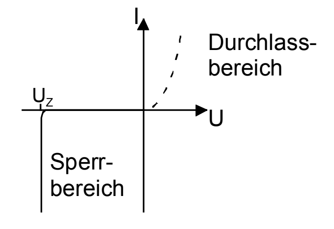


Bild: Typische Kennlinie einer Z-Diode

Bei Betätigen mehrerer Nebenstellen gleichzeitig entstehen keine undefinierten Zustände, sondern – da dann lediglich mehrere Zenerdioden parallel geschaltet werden – es stellt sich die entsprechend niedrigste Spannung ein.

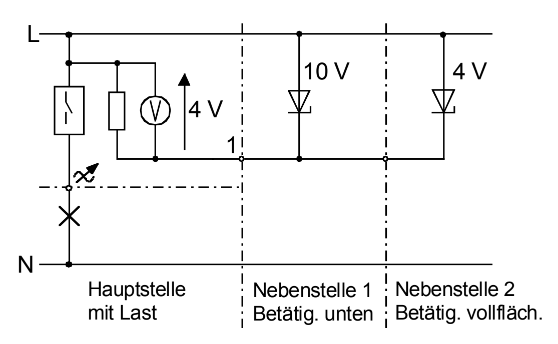


Bild: Gleichzeitige Betätigung von zwei „System 2000"-Nebenstellen – Prinzip

Somit ergeben sich folgende Prioritäten:

- Bedienung an Hauptstelle;
- vollflächige Bedienung;
- Bedienung oben;
- Bedienung unten.

2.5.3 3-Draht-Nebenstelle für Wächter und Präsenzmelder

Der 3-Draht-Nebenstelleneinsatz wird für Wächter- und Präsenzmelder-Nebenstellen benötigt. Erkannte Bewegungen werden an die Hauptstelle signalisiert. Die Helligkeit wird nur in der Hauptstelle, in den Nebenstellen also nicht ausgewertet.

Die 3-Draht-Nebenstelle enthält eine logische Schaltung zur

- Aufsatzerkennung: Versehentliches Aufsetzen eines Tast- oder Funkaufsatzes führt nicht zu Schäden; die Nebenstelle hat dann keine Funktion.
- Initialisierung eines PIR-Aufsatzes: Nach Einschalten der Spannung sorgt die Initialisierung dafür, dass der Aufsatz die Bewegungserkennung helligkeitsunabhängig durchschaltet.

Die Hauptstelle unterscheidet das Ansprechen einer PIR-Nebenstelle von einer Taster-Nebenstelle dadurch, dass auf den Nebenstelleneingang das N-Potential geschaltet wird; d. h. sie misst gegen L die volle Netzspannung 230 V.

Um die internen Bauteile vor Überlastung zu schützen, wird das N-Potential nicht dauernd durchgeschaltet, sondern getaktet.

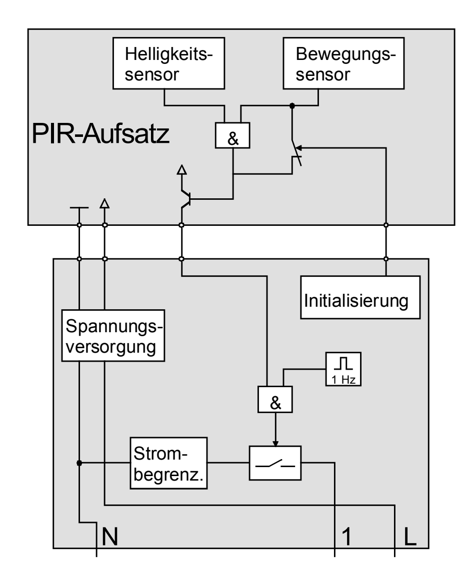


Bild: Funktion der 3-Draht-Nebenstelle

Die Elektronik in der Nebenstelle und im Aufsatz wird mit der für den Betrieb notwendigen Spannung versorgt. Die Strombegrenzung ist notwendig, damit bei Ansprechen einer Wächter-Nebenstelle ③ und gleichzeitiger Betätigung einer 2-Draht-Nebenstelle ① oder eines mechanischen Tasters ② (diese schalten L-Potential auf die Nebenstellenleitung!) kein Kurzschlussstrom fließt. Da in diesem Fall der Hauptteil der Netzspannung an der Strombegrenzung abfällt, setzen sich Taster-Nebenstelle (bzw. 2-Draht-Nebenstelle) durch.

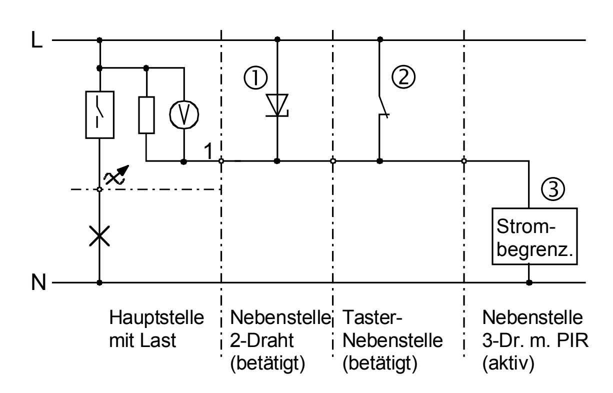


Bild: Prinzip – Gleichzeitige Betätigung von Taster- und Wächter-Nebenstellen im „System 2000“

Die Ausführung der Bedienbefehle an der Nebenstelle – Ein-, Ausschalten, Dimmen – hängt von der Art der Hauptstelle ab: Bei Bewegungsmeldern erfolgt das Ausschalten ausschließlich zeitgesteuert; Schalteinsätze können nicht gedimmt werden.

Wenn mehrere 3-Draht-Nebenstellen parallel zueinander betrieben werden und gleichzeitig ansprechen, bedeutet dies die Parallelschaltung mehrerer „Strombegrenzungen“; es fließt also durch den Leistungseinsatz die Summe dieser Einzelströme. Um Schädigung des Einsatzes zu vermeiden, schaltet der Einsatz den Laststrom aus, wenn dieser Summenstrom zu groß wird. Daher dürfen an einen Universal-Dimmeinsatz nicht mehr als 5, an alle anderen Einsätze nicht mehr als 10 3-Draht-Nebenstellen parallel geschaltet werden.

2.5.4 Mechanischer Taster als Nebenstelle

Die Tasternebenstelle wird – ebenso wie die 2-Draht-Nebenstelle – zwischen den Außenleiter L und die Hauptstelle geschaltet.

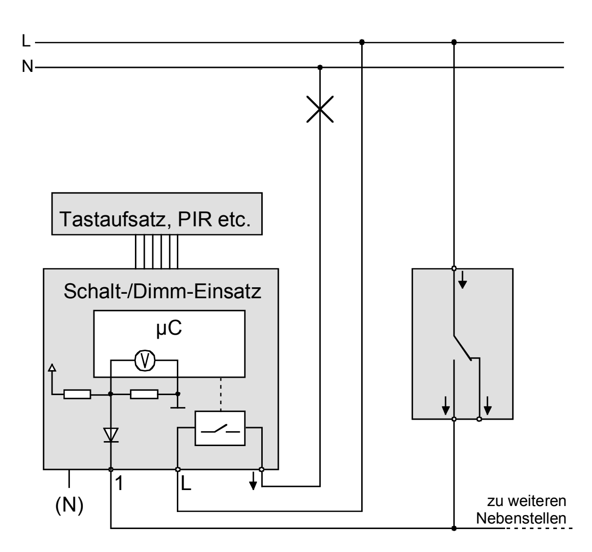


Bild: Mechanischer Taster als Nebenstelle

Die Hauptstelle erkennt einen mechanischen Taster daran, dass bei Betätigung die volle Netzspannung 230 V am Nebenstelleneingang „1“ liegt, d. h. sie misst also zwischen den Klemmen „1“ und „L“ die Spannung 0 V.

Herkömmliche Installationstaster haben eine ungeteilte Bedienfläche: Kurze Bedienung schaltet abwechselnd ein und aus; mit langer Bedienung wird gedimmt.

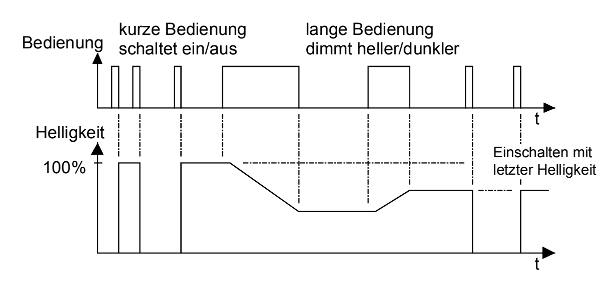


Bild: Mechanische Tasternebenstelle – Funktion

Bei langer Betätigung wird immer zunächst heller gedimmt. Erreicht der Dimmeinsatz maximale Helligkeit, wird die Dimmrichtung nach ca. 1 s umgekehrt und minimale Helligkeit angefahren. Entsprechendes geschieht bei Erreichen der Grundhelligkeit, wenn die Bedienung des Tasters fortdauert.

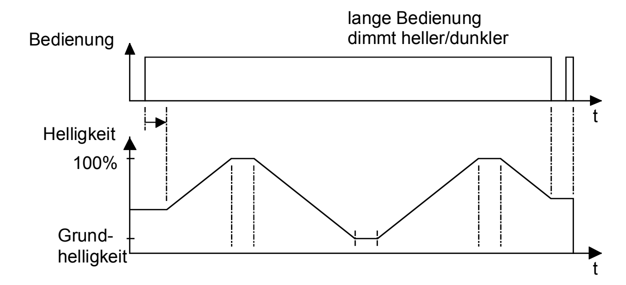


Bild: Mechanische Tasternebenstelle – lange Betätigung

Bei gleichzeitiger Bedienung einer 2-Draht- und einer mechanischen Taster-Nebenstelle setzt sich die Taster-Nebenstelle durch.

2.5.5 Nebenstellenfähigkeit der „System 2000“-Geräte

Anmerkung: Je nach Softwarestand („Release“) der Einsätze und der Aufsätze kann die Nebenstellenfähigkeit von den hier aufgelisteten Eigenschaften abweichen. Maßgeblich sind die Angaben in Bedienungsanleitung und sonstiger Produktdokumentation. Für volle Funktionsfähigkeit sollten Geräte mit gleichem Release-Stand kombiniert werden.

Tastdimmer

- Hauptstelle:
  Schalten, Dimmen, Memory-Wert speichern.
- 2-Flächen-Tasternebenstelle:
  Gleiche Funktionalität – Schalten, Dimmen, Memory-Wert speichern – wie an Hauptstelle.
- Mechanischer Taster:
  Kurze Bedienung schaltet um (ein/aus), lange Bedienung dimmt abwechselnd heller und dunkler.

Tastschalter

- Hauptstelle:
  Ein-/Ausschalten bei Betätigung
- 2-Flächen-Tasternebenstelle:
  Ein-/Ausschalten bei Betätigung
- Mechanischer Taster:
  Ein-/Ausschalten bei Betätigung

Tastdimmer mit Funkempfänger

- Hauptstelle:
  Schalten, Dimmen, Memory-Wert speichern, Sender programmieren.
- 2-Flächen-Tasternebenstelle:
  Schalten, 2-flächig Dimmen, Memory-Wert speichern
- Mechanischer Taster:
  Kurze Bedienung schaltet um (ein/aus), lange Bedienung dimmt abwechselnd heller und dunkler.

Funkschalter

- Hauptstelle:
  Schalten, Sender programmieren.
- 2-Flächen-Tasternebenstelle:
  Ein-/Ausschalten.
- Mechanischer Taster:
  Ein-/Ausschalten.

Automatikschalter Standard

- Hauptstelle:
  Helligkeitsabhängige Bewegungserkennung, Einschalten, Ausschalten nach Nachlaufzeit.
- 2-Flächen-Tasternebenstelle:
  Einschalten.
- Mechanischer Taster:
  Einschalten.
- 3-Draht-Wächternebenstelle:
  Bewegungserkennung; Helligkeit wird in Hauptstelle ausgewertet.

Automatikschalter Komfort

- Hauptstelle:
  Helligkeitsabhängige Bewegungserkennung, Einschalten, Ausschalten nach Ablauf der Nachlaufzeit. Mit Dimmeinsatz erfolgt das Ausschalten als Komfort-Aus, d. h. langsames Dunklerdimmen und nach 30 s aus.
  Mit Handschalter Dauer-Ein bzw. -Aus.
- 2-Flächen-Tasternebenstelle:
  Nur Einschalten bzw. Retriggern der Nachlaufzeit. Bei einem Dimmeinsatz kann die Helligkeit der Leuchten gedimmt werden; die Einschalthelligkeit kann gespeichert werden.

- Mechanischer Taster:
  Einschalten bzw. Retriggern der Nachlaufzeit.
- 3-Draht-Wächternebenstelle:
  Bewegungserkennung; Helligkeit wird in Hauptstelle ausgewertet.

Präsenzmelder Standard

- Hauptstelle:
  Ein- und Ausschalten abhängig von erkannter Anwesenheit und Umgebungshelligkeit.
- 2-Flächen-Tasternebenstelle:
  Ein- und Ausschalten.
- Mechanischer Taster:
  Ein- und Ausschalten.
- 3-Draht-Präsenzmeldernebenstelle:
  Anwesenheitserkennung; Helligkeit wird in Hauptstelle ausgewertet.
  Nach dem manuellen Ausschalten über Taster- bzw. mechanische Nebenstelle muss während der ersten 2 Minuten nach Verlassen des Erfassungsfeldes auch wieder manuell eingeschaltet werden („Diavortrags-funktion“).

Präsenzmelder Universal

- Hauptstelle:
  Ein- und Ausschalten abhängig von erkannter Anwesenheit und Umgebungshelligkeit; Betriebsartenwahl mit Funk-Fernbedienung. Mit Dimmeinsatz Dimmen über Funk, Betrieb als Konstantlichtregler möglich.
- 2-Flächen-Tasternebenstelle:
  Ein- und Ausschalten; Dimmen.
- Mechanischer Taster:
  Ein- und Ausschalten; Dimmen.
- 3-Draht-Präsenzmeldernebenstelle:
  Anwesenheitserkennung; Helligkeit wird in Hauptstelle ausgewertet.
- Instafunk Präsenzmelder:
  Anwesenheitserkennung; Helligkeit wird in Hauptstelle ausgewertet.

<table>
<tr><th colspan="2">Aufsätze
Einsätze</th><th>Kurzhubtaste unbeleuchtet</th><th>Funkaufsatz</th><th>Automatik-aufsatz Standard</th><th>Automatikaufsatz Komfort</th><th>Präsenzaufsatz Standard</th><th>Präsenz-aufsatz universal</th></tr>
<tr><td rowspan="4">Dimmgeräte</td><td rowspan="2">1-10 V-Einsatz</td><td rowspan="4">Tastdimmer
2, T</td><td rowspan="4">Tastdimmer mit Funk-Empfang
2, T</td><td colspan="2">Automatikschalter</td><td colspan="2">Präsenzmelder</td></tr>
<tr><td rowspan="3">2 (=T), T (S), P
(nur Einschalten)</td><td rowspan="3">2, T (S), P
(nur Einschalten und Dimmen)
mit Komfort-Aus (Abdimmfkt.)</td><td rowspan="3">2 (=T), T (S), P
(nur Schalten)</td><td rowspan="3">2 , T (S), P
mit Dimmen, Konstantlicht-regelung, Funk-FB</td></tr>
<tr><td>Universaldimmer</td></tr>
<tr><td>NV Tast-Dimmer</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Schalter</td><td rowspan="2">TRONIC-Schalteinsatz</td><td rowspan="5">Tastschalter
2 (=T), T (S)</td><td rowspan="5">Funkschalter
2 (=T), T (S)</td><td colspan="2">Automatikschalter
2 (=T), T, P</td><td colspan="2">Präsenzmelder
2 (=T), T, P</td></tr>
<tr><td rowspan="4">(nur Einschalten)
Helligkeit einstellbar</td><td rowspan="4">(nur Einschalten)
Empfindlichkeit, Zeit und Hell’kt. einstellbar</td><td rowspan="4"></td><td rowspan="4">mit Funk-FB</td></tr>
<tr><td>NV-Schalteinsatz</td></tr>
<tr><td>Univ.-Relais-Einsatz</td></tr>
<tr><td>Schalteinsatz HKL+Licht</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Nebenstellen</td><td>Nebenstellen-Einsatz
2-Draht</td><td>2-flächige Nebenstelle</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Nebenstellen-Einsatz
3-Draht</td><td></td><td></td><td colspan="2">Automatikschalter-Nebenstelle (nur wenn Hauptstelle auch PIR)</td><td colspan="2">Präsenzmelder-Nebenstelle (nur wenn Hauptstelle auch PIR)</td></tr>
</table>

Bild: Nebenstellen im Unterputz-Baukasten „System 2000“

2 = 2-Flächen-Nebenstelle T = Mech. Taster (S) = Nur Schalten (=T) = Nur Umschalten P = PIR

2.6 Tastaufsatz

In der einfachsten Kombination sind die Einsätze des Systems 2000 mit einer Kurzhubtaste bestückt und es ergeben sich Tastdimmer bzw. Tastschalter.

Der Tastaufsatz besteht prinzipiell aus zwei Tasterpaaren – jeweils für oben und unten – und einer logischen Schaltung, die es den Einsätzen ermöglicht, den Tastaufsatz zu erkennen.

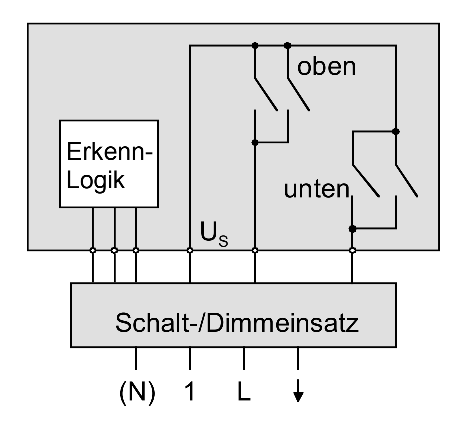


Bild: „System 2000"-Tastaufsatz – Prinzip

Bedienphilosophie

Die Bedienung von herkömmlichen Tastdimmern mit nur einer Bedienfläche wird gelegentlich kritisiert, weil sie nicht so intuitiv begreifbar ist wie bei normalen Lichtschaltern oder bei Drehdimmern, die zum Schalten einen Tastendruck und zum Dimmen das Drehen des Stellrades erfordern. Es lag also nahe, die Bedienung der Geräte des „System 2000" zu optimieren und an bestehende Gewohnheiten anzupassen.

Wesentliche Elemente der manuellen Bedienung sind

- Schalten – Ein und Aus – und
- Dimmen – Heller bzw. Dunkler.

Da das Schalten lediglich einen Übergang zwischen den zwei Zuständen „Ein" und „Aus" beinhaltet, genügt hierfür eine einfache – kurze – Bedienung. Es ist dabei unerheblich, ob diese Bedienung oben, unten oder vollflächig erfolgt – dies ist insbesondere dann hilfreich, wenn man z. B. durch viel Gepäck an gezielter Bedienung gehindert ist.

Beim Dimmen wird man intuitiv – gerade in ungewohnten Räumlichkeiten – zum Heller Dimmen die obere Hälfte, zum Dunkler Dimmen die untere Hälfte einer Schaltwippe lang betätigen.

Genau diese Bedienphilosophie wurde beim „System 2000" umgesetzt:

- **Kurze** Betätigung (< 0,4 s) – oben, unten oder vollflächig – schaltet die Verbraucher abwechselnd ein und aus. Das Einschalten erfolgt mit dem gespeicherten Helligkeitswert.
- **Lange** Betätigung **oben** (> 0,4 s): Heller dimmen. Wenn die Verbraucher ausgeschaltet sind, werden sie zunächst mit minimaler Helligkeit eingeschaltet und anschließend – bis die Taste losgelassen wird – heller gedimmt.
- **Lange** Betätigung **unten** (> 0,4 s): Dunkler dimmen. Wenn die Verbraucher ausgeschaltet sind, werden sie – unabhängig vom gespeicherten Wert – mit minimaler Helligkeit eingeschaltet.

Sonderfunktionen

Die Elektronik in den Leistungseinsätzen ermöglicht Sonderfunktionen:

- **Lange** Betätigung **vollflächig** (> 3 s): Im eingeschalteten Zustand wird die aktuelle Helligkeit als Einschalthelligkeit gespeichert.

  Im ausgeschalteten Zustand schaltet das Gerät mit minimaler Helligkeit ein und dimmt anschließend heller.
- Beim 1-10-V-Einsatz zusätzlich: Wenn die Verbraucher **aus**geschaltet sind, wird mit **langer, vollflächiger** Betätigung (> 20 s) die Einstellung der Grundhelligkeit eingeleitet.

2.7 Funkaufsatz

Der Funkaufsatz enthält – zusätzlich zur Funktion der Kurzhubtaste – einen Funkempfänger, der die Einbindung in ein Funksystem ermöglicht. Die angeschlossenen Verbraucher können somit bedient werden:

- lokal mit der Bedientaste,
- mittels Funksender (z. B. Hand- oder Multifunktionssender),
- über einen Funk-Wächter,
- über einen Funk-Präsenzmelder.

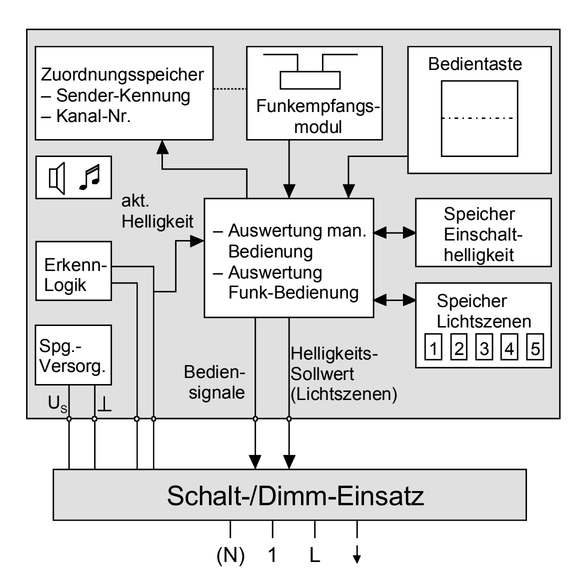


Bild: Blockschaltbild Funkaufsatz

Über die Schnittstelle wird der Funkaufsatz mit der notwendigen Spannung versorgt, und die Bediensignale werden an den Einsatz weitergegeben. Im Vergleich zu den Schnittstellenleitungen des Tastaufsatzes erkennt man, dass diese beim Funkaufsatz anders konfiguriert sind. Die Erkennungslogik sorgt dafür, dass der Leistungseinsatz den Funkaufsatz erkennt und die Schnittstellenleitungen entsprechend umschaltet. Dies geschieht während der Initialisierungsphase nach Einschalten der Netzspannung. Wird der Funkaufsatz bei eingeschalteter Netzspannung aufgesteckt, kann sich das Gerät nicht initialisieren; daher darf der Funkaufsatz nur bei ausgeschalteter Netzspannung montiert werden!

Die Funktion der Bedientaste entspricht der des Tastaufsatzes. Zusätzlich vorhanden ist eine Funktion zum Zuordnen des entsprechenden Senders:

- Im ausgeschalteten Zustand wird mit **langer, vollflächiger** Betätigung (> 3 s) in den Programmiermodus für Senderzuordnung umgeschaltet. Der Funkaufsatz signalisiert diese Betriebsart mit einem pulsierenden Ton. Mit einem weiteren Tastendruck, spätestens aber nach 1 min, wird wieder in die normale Betriebsart zurückgeschaltet.

  Während dieser Zeit kann ein Sender zugeordnet werden. Ein normaler Sendekanal (Hand-, Wand-, Universal-, Multifunktions-Sender) wird für 1 s, eine Lichtszenentaste für 3 s betätigt. Ein Funk-Wächter wird zugeordnet, indem eine Bewegung innerhalb seines Erfassungsfeldes ausgelöst wird. Der Funkaufsatz quittiert die Speicherung mit einem Dauerton (ca. 1 min). Die Funktion der „Alles Ein“- bzw. „Alles Aus“-Taste eines Senders – soweit vorhanden – wird bei der Zuordnung eines Kanals automatisch mit zugeordnet.

  Eine vorhandene Zuordnung wird gelöscht, indem der Programmiervorgang für den betreffenden Kanal wiederholt wird. Sobald kein Kanal eines Senders mehr mit dem Funkaufsatz verbunden ist, wird die entsprechende „Alles Aus“- bzw. „Alles Ein“- Funktion automatisch mit gelöscht. Ein erfolgreicher Löschvorgang wird durch einen mit höherer Frequenz pulsierenden Ton bestätigt.

  Die Werte für die Lichtszenen und Zuordnungen zu den Funksendern sind nicht-flüchtig und bleiben auch bei einem Netzausfall erhalten.

Beim Zuordnen von Sendern wird die Empfangsreichweite des Funkaufsatzes von 100 m auf 5 m reduziert. Hiermit wird vermieden, dass evtl. in benachbarten Funksystemen betätigte Sender diesen Programmiervorgang beeinflussen.

Für diese Aufgaben würde eine Logikschaltung nicht ausreichen; daher besitzt der Funkaufsatz ebenfalls einen Mikrocontroller mit Speicher.

2.8 Automatikaufsatz

Mit einem Automatikaufsatz entsteht ein Automatik-Schalter, der bei (Wärme-) Bewegungen innerhalb seines Erfassungsbereiches die angeschlossenen Verbraucher einschaltet und nach Ablauf einer einstellbaren Zeit wieder ausschaltet.

Die „System 2000“- Automatikaufsätze sind in zwei Varianten – „Standard“ und „Komfort“ – verfügbar und unterscheiden sich vornehmlich bei ihren Einstellmöglichkeiten und im Bedienkomfort. Der „Komfort“-Aufsatz besitzt außerdem ein neues digitales Auswertungsverfahren und kann daher Fehlschaltungen (z. B. durch Fremdlicht oder Mobiltelefone) weitgehend unterdrücken.

Die Funktionen der Automatikschalter, die durch Kombinieren von

- Aufsatz – „Komfort“ oder „Standard“ – und
- Einsatz – Schalt-, Dimm- oder HLK-Einsatz

entstehen, sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst:

<table>
<tr><th>Aufsätze / Einsätze</th><th>„Standard“-Aufsatz
• Nachlaufzeit 2 min (fest)
• Helligkeitsschwelle ca. 1...80 lx oder Tagbetrieb (helligkeitsunabhängig)</th><th>„Komfort“-Aufsatz
• Nachlaufzeit 10 s...30 min
• Helligkeitsschwelle ca. 1...80 lx oder Tagbetrieb (helligkeitsunabhängig); „Teach-Funktion“
• Empfindlichkeit 20...100%
• Manuelles Ein-/Ausschalten
• Digitale Signalauswertung
• Digitale Fremdlichtunterdrückung</th></tr>
<tr><td>Schalteinsatz</td><td rowspan="2">Funktion
Einschalten bei Bewegungserkennung oder über Nebenstelle. Dimmeinsätze werden wie Schalteinsatz betrieben.</td><td>Funktion
• Kurzzeitbetrieb 0,5 s (helligkeitsunabhängig)</td></tr>
<tr><td>Dimmeinsatz</td><td>Funktion
• Abdimmfunktion (Komfort-Aus)
• Tagbetrieb (helligkeitsunabhängig)
• Dimmen über Nebenstelle; Einschalthelligkeit einstellbar</td></tr>
<tr><td>HLK-Einsatz</td><td colspan="2">Funktion
• „Licht“-Kanal schaltet helligkeitsabhängig
• 2. Kanal (HKL-Anwendung) schaltet unabhängig von Umgebungshelligkeit mit eigener Verzögerungszeit (3 Min.) und Nachlaufzeit (einstellbar)</td></tr>
</table>

Tabelle: „System 2000“ – Mögliche Kombinationen von Automatikaufsätzen und Einsätzen

Die Blockschaltbilder zeigen, dass die beiden Aufsätze sich in der Sensorik nicht unterscheiden, sondern nur in der Auswerteeinheit. Physikalische Grundlagen und Technologie sind die gleichen wie bei Bewegungsmeldern / Wächtern für den Außenbereich.

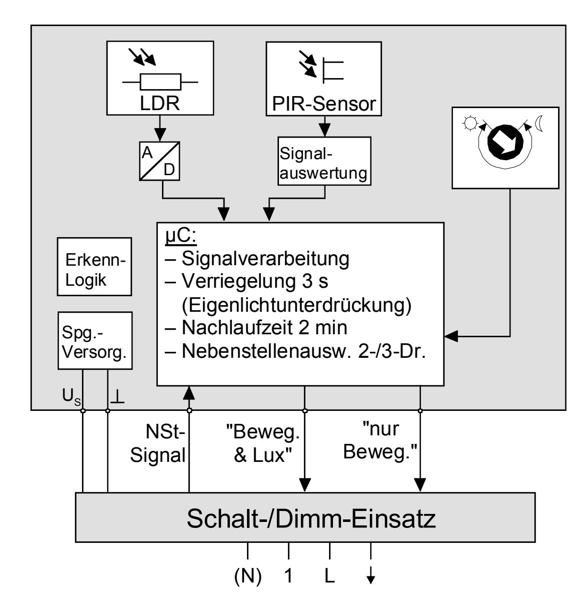


Bild: Blockschaltbild Automatikaufsatz „Standard“

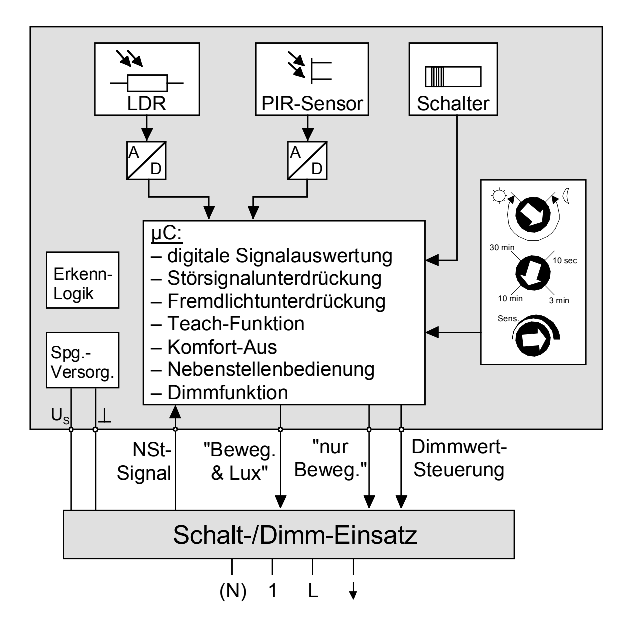


Bild: Blockschaltbild Automatikaufsatz „Komfort“

Das Signal „Beweg. & Lux“ ist die Kombination von Helligkeits- und Bewegungssignal und wird von allen Einsätzen zum Ein- und Ausschalten genutzt. Das Signal „nur Beweg.“ wird vom HLK-Einsatz benutzt, um den HLK-Kanal (z. B. Toilettenlüfter) helligkeitsunabhängig zu schalten. Die „Dimmwert-Steuerung“ wird für die Komfort-Aus-Funktion benötigt.

Helligkeitsschwelle

Die Umgebungshelligkeit wird von einem Fotowiderstand (LDR) erfasst. Sobald der eingestellte Wert überschritten wird, wertet der Aufsatz keine Bewegungen mehr aus, und die angeschlossenen Verbraucher werden nicht geschaltet.

Beim Komfort-Aufsatz wird das Über- bzw. Unterschreiten der Helligkeitsschwelle erst nach 30 s übernommen, um kurzfristige Einflüsse (Wolken, vorbeigehende Personen) auszublenden.

Die Helligkeitsschwelle wird mit einem Potentiometer im Bereich von ca. 3 bis 80 lx eingestellt. Mit der Einstellung „Sonne“ (Endanschlag) arbeitet der Automatikaufsatz im Tagbetrieb, d. h. unabhängig von der Umgebungshelligkeit.

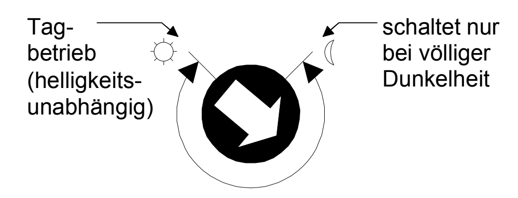


Bild: Einstellen der Helligkeitsschwelle

Mit der „Komfort“-Variante kann die Helligkeitsschwelle während des Betriebes überschrieben werden („Teach-Funktion“). Die Potentiometereinstellung wird dann nicht mehr ausgewertet.

Die „Teach-Funktion“ wird vom Anwender bedient, indem er den Bewegungsmelder dreimal kurz hintereinander abdeckt. Wenn der Aufsatz diese Helligkeitswechsel erkannt hat, schaltet er zur Bestätigung die Beleuchtung (falls eingeschaltet) aus und anschließend für 3 s ein. Während der nun folgenden Aus-Phase (ca. 1 min) sollte der Benutzer vom Gerät zurücktreten, damit der Aufsatz die aktuelle Helligkeit korrekt messen kann. Nach Speichern wird die Beleuchtung nochmals für 3 s eingeschaltet. Anschließend wird der normale Betrieb wieder aufgenommen.

Der so gespeicherte Helligkeitswert bleibt so lange erhalten, bis

- ein neuer Wert eingespeichert wird,
- die Versorgungsspannung abgeschaltet oder der Aufsatz abgezogen wird, oder
- der Regler um ca. ½ Drehung verstellt wird.

Einschaltdauer

Bei einer erkannten Bewegung werden Verbraucher eingeschaltet und nach Ablauf der Nachlaufzeit wieder ausgeschaltet. Die Nachlaufzeit wird bei jeder erkannten Bewegung wieder neu gestartet; ständige Bewegung bewirkt Dauerlicht.

In der „Standard“-Variante ist die Nachlaufzeit fest auf 2 min eingestellt.

Beim Automatikaufsatz „Komfort“ kann die Nachlaufzeit mit einem Potentiometer zwischen 10 s und ca. 30 min eingestellt werden. Mit einem Schalteinsatz kann der Automatikaufsatz im „Kurzzeitbetrieb“ betrieben werden. Hierzu wird die kürzeste Zeit (Endanschlag) eingestellt. Der Automatikschalter arbeitet dann helligkeitsunabhängig und schaltet bei Bewegungen für ca. 0,5 s ein, z. B. zur Betätigung einer Türglocke. Um „Dauerklingeln“ zu vermeiden, werden weitere Bewegungen erst wieder nach 3 s ausgewertet.

Der HLK-Einsatz ist für den Kurzzeitbetrieb nicht geeignet.

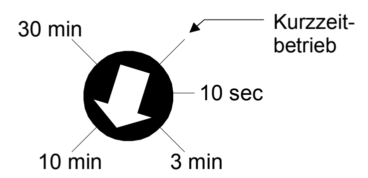


Bild: Automatikaufsatz „Komfort“ – Nachlaufzeit

Manuelle Bedienung

Bedienung mit Taster-Nebenstellen schaltet die Verbraucher ein und startet die Nachlaufzeit; nach Ablauf schalten die Verbraucher wieder aus. Dimmen und Abspeichern von Dimmwerten ist nur mit dem „Komfort“-Aufsatz und 2-Draht-Nebenstellen möglich.

Der „Komfort“-Aufsatz besitzt außerdem einen Schiebeschalter, mit dem die Verbraucher dauerhaft ein- bzw. ausgeschaltet werden können. Schalten über Nebenstellen ist in diesen Stellungen nicht mehr möglich.

Dimmen und „Komfort-Aus“

Mit Dimmereinsatz und „Komfort“-Aufsatz werden Verbraucher nicht schlagartig ausgeschaltet, sondern zunächst auf minimale Helligkeit gedimmt; erst 30 s nach Beginn des Dimmvorgangs schalten die Verbraucher aus.

In Treppenhäusern oder Fluren größerer Wohn- oder Verwaltungsgebäude leistet diese „Vorwarnfunktion“ einen Beitrag zu größerer Sicherheit im Gebäude und erfüllt die Forderung nach DIN 18015[1], dass Personen nicht plötzlich im Dunkeln stehen.

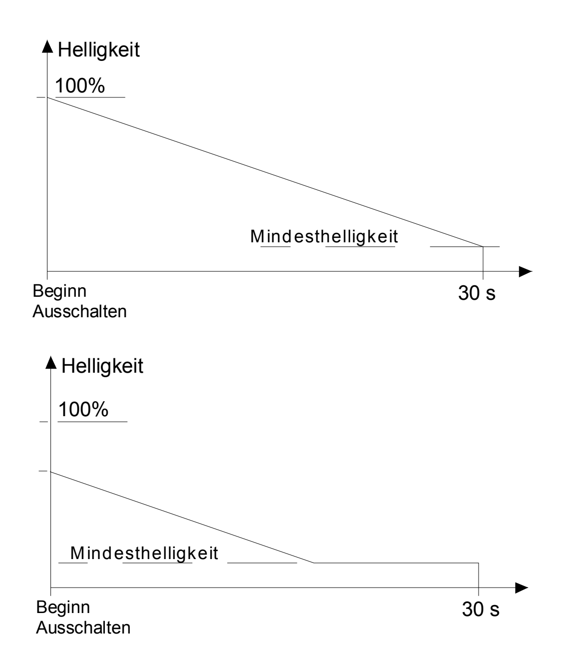


Bild: Komfort-Aus-Funktion bei verschiedenen Dimmstellungen

Empfindlichkeitsanpassung

Für den „Komfort“-Aufsatz wurde eine neue, patentierte, digitale Signalauswertung entwickelt. Gegenüber bisherigen Bewegungsmeldern konnte hierdurch die Bewegungserfassung erheblich verbessert werden. Der Komfort-Aufsatz unterscheidet Nutz- („Geh-“) und Störsignale (durch Mobiltelefone oder geschaltete Leuchten o. ä.) und kann dadurch Fehlschaltungen weitgehend unterdrücken. Dabei passt der Aufsatz die Bewegungserkennung automatisch an seine Umgebungsbedingungen an, ohne – wie andere Bewegungsmelder – die Bewegungserfassung komplett auszuschalten. Auch in „schwierigen“ Umgebungen können so Personen erkannt werden.

Sollte der Komfort-Aufsatz in einigen Anwendungen zu empfindlich reagieren, kann mit dem Potentiometer „Sens.“ (= „Sensitivity“) die Empfindlichkeit der Bewegungserfassung herabgesetzt werden.

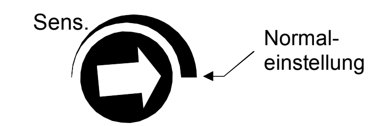


Bild: Automatikaufsatz „Komfort“ – Einstellung der Empfindlichkeit



[1] DIN 18015: Elektrische Anlagen in Wohngebäuden

Bewegungserfassung

Wesentliche Elemente der Bewegungserfassung sind der Sensor, ein Spiegel und das Linsensystem. Durch die geschickte, patentgeschützte Anordnung beträgt der Erfassungsbereich 180°, bei gleichzeitig äußerst flacher, kompakter Bauform.

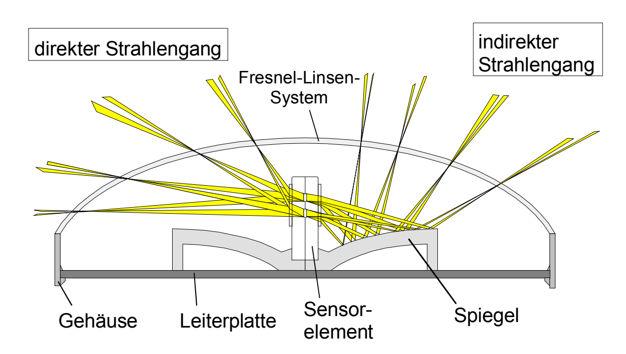


Bild: Aufbau Sensorik mit Sensor und Spiegel

Das Bild zeigt den Strahlengang innerhalb einer Erfassungsebene. Der Übersichtlichkeit halber sind direkte und indirekte Strahlengänge getrennt auf jeweils einer Hälfte dargestellt.

Beim Sensorelement handelt es sich um einen „Zweielementsensor“, der auf gegenüber liegenden Seiten jeweils eine IR-empfindliche Fläche besitzt. Diese Sensorflächen enthalten zwei antiseriellgeschaltete Elemente, sodass nur schnelle Änderungen der IR-Strahlung im Erfassungsfeld eine Reaktion hervorrufen.

Mit dem Spiegel erfolgt der Einfall der IR-Strahlung auf zwei Arten:

- Direkt, von der Seite. Da der Sensor aufrecht steht, kann er auch Wärmestrahlung unmittelbar von der Seite aufnehmen, sodass dort kein nicht-überwachter Bereich entsteht.
- Indirekt, reflektiert über Spiegel. Hiermit wird der Frontbereich erfasst.

Damit die Bewegungserfassung zuverlässig erfolgt, müssen die Linsen die Strahlungsquelle auf dem Sensorelement gebündelt abbilden, d. h. „fokussieren“.

Erfassungsbereich

Der Erfassungsbereich wird durch die Bauweise des Linsensystems bestimmt. Das Linsensystem besteht aus einer Kunststofffolie und integriert eine Anzahl einzelner Fresnel-Linsen-Segmente.

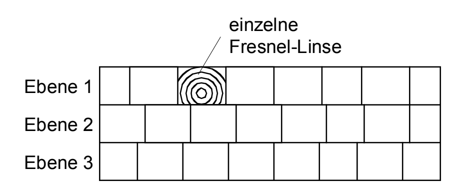
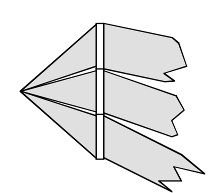


Bild: Linsensystem für drei Erfassungsebenen



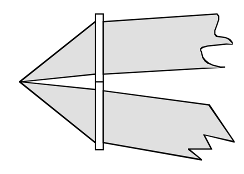


Bild: Vertikale Ausrichtung verschiedener Linsensysteme

- 1,10-m-Linse: Zwei Erfassungsebenen, jeweils als Fächer ausgebildet, Ausrichtung nach unten und oben; Reichweite nach vorn ca. 10 m, zur Seite jeweils 6 m. Starke Strahlungsquellen können auch aus größeren Entfernungen erfasst werden und zum Einschalten führen. Durch den oberen Erfassungsfächer wird auch der Gesichtsbereich mit erfasst, der typischerweise nicht bedeckt ist und daher eine gute IR-Strahlungsquelle darstellt. Bei der Auswahl des Montageortes muss auf direkten Strahlungseinfall durch Sonnenlicht geachtet werden. Direktes Sonnenlicht ist wesentlich energiereicher als sämtliche künstlichen Lichtquellen und erzeugt Leuchtdichten, die – durch eine Linse noch gebündelt – den pyroelektrischen Sensor auf Dauer zerstören können.
- 2,20-m-Linse: Drei Erfassungsebenen. In 2,20 m Höhe montiert, beträgt die Reichweite nach vorn 12 m, zur Seite jeweils 6 m. Die Erfassungsstrahlen sind nach unten ausgerichtet; so kann die Reichweite gezielt begrenzt bzw. durch die Einbauhöhe variiert werden. Im Handbereich (ca. 1.10 m) beträgt die Reichweite demnach etwa die Hälfte, also ca. 6 m. Dank der Form des Erfassungsfeldes kann das Gerät auch im Außenbereich (wassergeschützte Ausführung) oder an Stellen, an denen mit direktem Lichteinfall zu rechnen ist, eingesetzt werden.

Um z. B. Störquellen auszuschalten, kann das Erfassungsfeld eingegrenzt werden, indem mit einer Aufsteckblende die rechte oder linke Hälfte des Linsensystems abgedeckt wird. Eingrenzen um Winkel kleiner als 90° – durch Ausschneiden der Blende auf kleinere Winkel – ist aufgrund der doppelten Nutzung der Linsen für direkten und indirekten Lichteinfall nicht möglich.

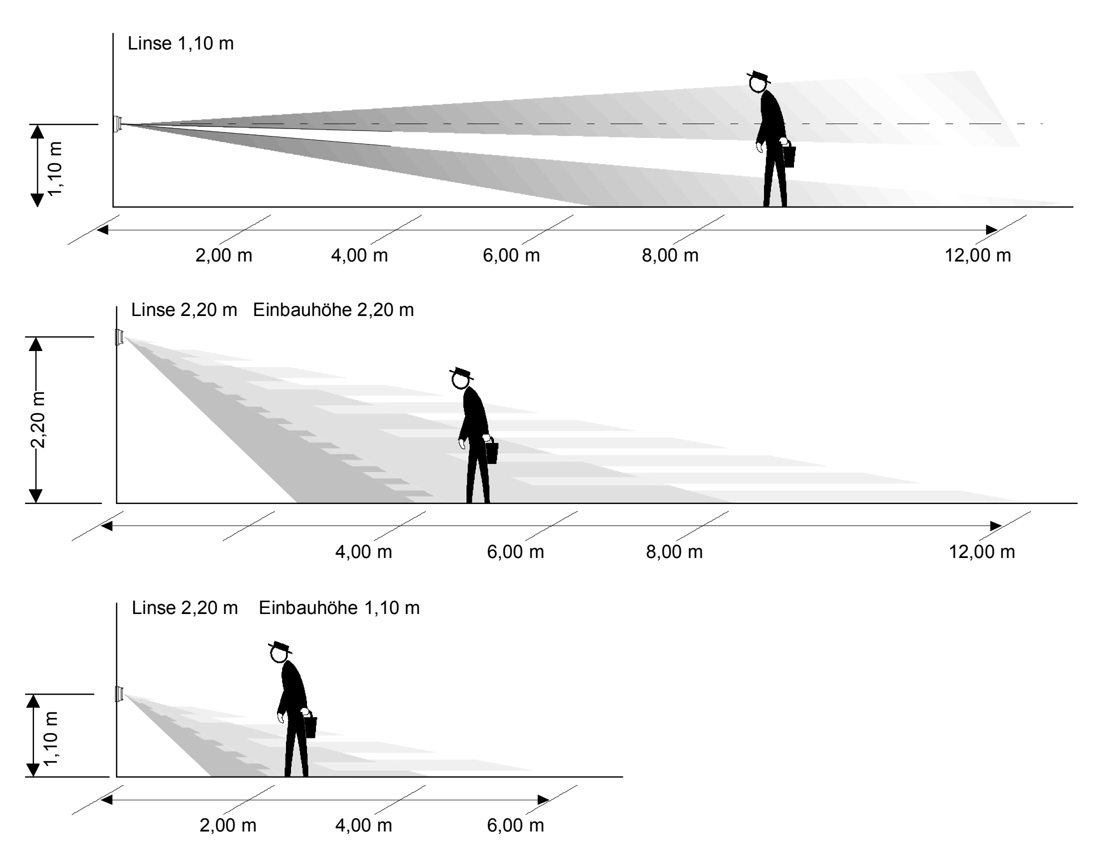


Bild: Erfassungsbereich des Automatikaufsatzes mit verschiedenen Linsen und Einbaupositionen

Auswahl des Einbauortes

Prinzipiell kann ein Automatikschalter anstelle der normalen Lichtschalter eingebaut werden, z. B. direkt neben Eingangstüren. Die Bewegungserfassung erfolgt jedoch am besten, wenn das bewegte Objekt möglichst viele Erfassungsstrahlen schneidet. Entsprechend sollte die Einbauposition gewählt werden.



Bild: Laufrichtung und Bewegungserfassung

Die Positionierung oberhalb der Tür eines überwachten Raumes ist nicht immer optimal, wenn man erst einige Schritte in einen dunklen Flur hinein setzen muss, bevor das Erfassungsfeld erreicht wird. Besser wäre hier der Einbau weiter im Raum, sodass die Tür am Rande des Erfassungsbereiches liegt, wie in den nachfolgenden Beispielen dargestellt.

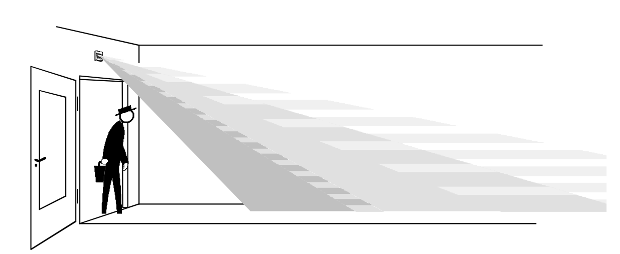
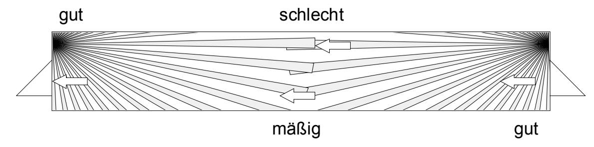


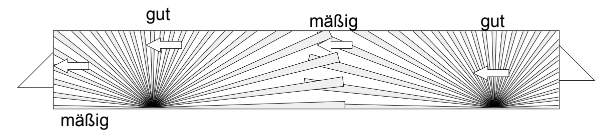
Bild: Einbau oberhalb einer Tür (nicht optimal)

Zur Überwachung größerer Räumlichkeiten kann der Überwachungsbereich durch Automatikschalter-Nebenstellen erweitert werden. Die Erfassungsbereiche sollten sich hierbei möglichst überschneiden. Die Auswahl der Montageorte sollte natürlich auch die Raumnutzung (Laufstraßen) in Betracht ziehen.

ungünstig:

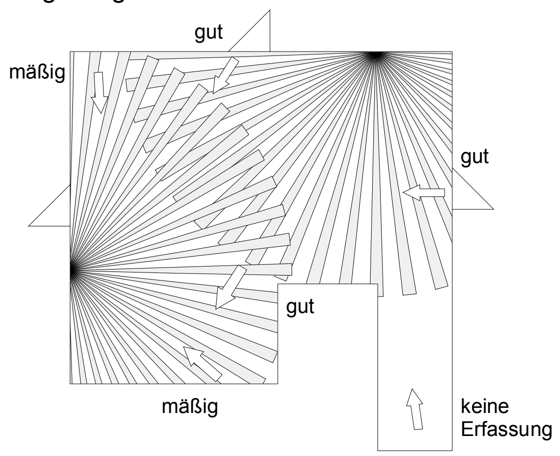


günstig:

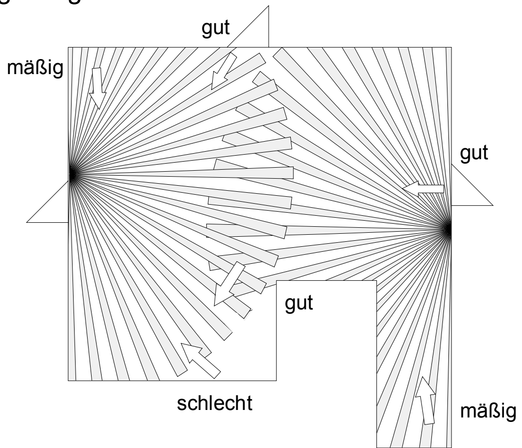


a.) Mehrere Automatikschalter in langem Flur

ungünstig:



günstig:



b.) Größerer Raum mit mehreren Automatikschaltern

Bild: Beispiele günstiger und ungünstiger Positionierung von Automatikschaltern

2.9 Präsenzmelderaufsatz

Passiv-Infrarot-Melder, die bei Erkennen von Bewegungen elektrische Verbraucher ein- und ausschalten, können für unterschiedliche Aufgaben optimiert werden.

Von Bewegungsmeldern (auch „Wächter“ genannt) spricht man, wenn im Bedarfsfall Licht *ein*geschaltet werden soll, z. B. zur Verkehrswegsicherung.

Aufgabe eines Präsenzmelders ist es dagegen, Energie einzusparen, indem er nicht benötigte Beleuchtung *aus*schaltet.

Der Bedarf nach Beleuchtung ergibt sich durch die Anwesenheit (= „Präsenz“) von Personen. Ein Präsenzmelder ist im Prinzip ein hochauflösender Bewegungsmelder, der auch kleine Bewegungen erfasst, z. B. von sitzenden Personen (Bürotätigkeiten).

Dem Energiespar-Gedanken entsprechend, misst der Präsenzmelder außerdem die aktuelle Helligkeit der überwachten Fläche. Diese Helligkeit setzt sich zusammen aus dem gesteuerten Kunstlicht und dem natürlichen Tageslicht („Fremdlicht“). Sobald der Tageslichtanteil die benötigte Lichtmenge liefern kann, schaltet der Präsenzmelder – auch bei erkannten Bewegungen – das Licht nach ca. 10 min aus.

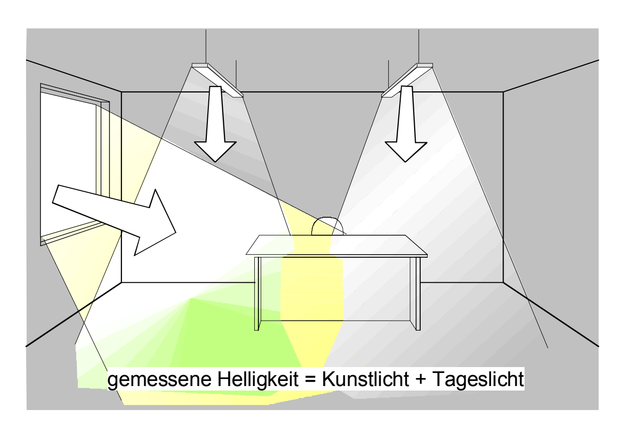


Bild: Typische Lichtverhältnisse in Innenräumen

Anwesenheitserfassung

Im Unterschied zu den bisher beschriebenen „System 2000“-Geräten werden Präsenzmelder nicht an der Wand im Handbereich installiert, sondern in der Raumdecke. Der Präsenzmelder überwacht eine Fläche von ca. 8 m Durchmesser (auf dem Boden), in Tischhöhe ca. 5 m Durchmesser.

Für größere Räume kann der Überwachungsbereich mit Präsenzmelder-Nebenstellen erweitert werden.

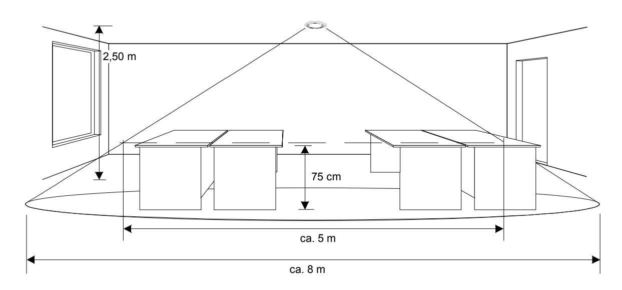
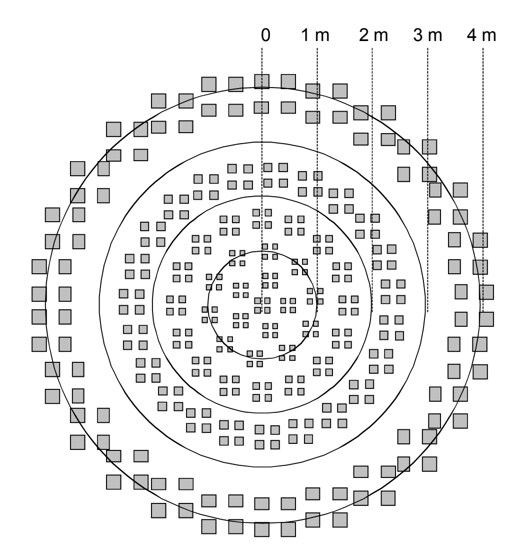


Bild: „System 2000“-Präsenzmelder-Aufsatz

Die Größe und die Dichte der Schaltsegmente ist ein Maß für die Genauigkeit der Bewegungserkennung. Jedes Mal, wenn ein Erfassungsstrahl geschnitten wird, wird im Sensorelement ein elektrisches Signal erzeugt und als „Bewegung“ ausgewertet.

Das Erfassungsfeld besteht aus 320 Schaltsegmenten, aufgeteilt in sechs kreisförmige Zonen.



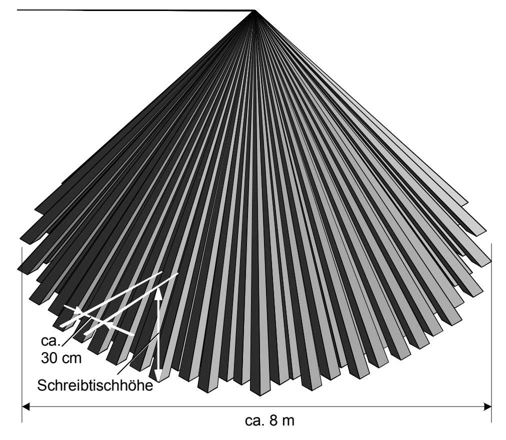


Bild: Erfassungsfeld Präsenzmelder

Physikalische Grundlagen und Technologie sind die gleichen wie bei Bewegungsmeldern und Wächtern.

Das optische System für die Bewegungserkennung besteht aus einem Fresnel-Linsensystem und einem pyroelektrischen Sensor. Der Sensor ist hier als 4-Element-PIR-Sensor ausgeführt. Im Inneren des Sensorgehäuses liegen vier IR-empfindliche Flächen, die auf einen gemeinsamen FET-Transistor geschaltet sind.

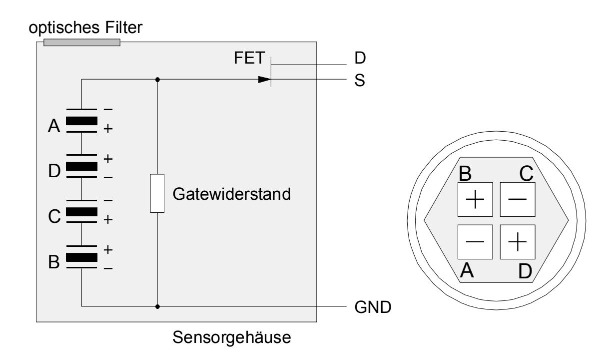


Bild: Sensorelement mit 4 IR-Flächen

Das Linsensystem vereinigt 80 Einzellinsen, angeordnet in sechs konzentrischen Kreisen. Die Anzahl von 320 Schaltsegmenten entsteht durch die Kombination von Einzellinsen und Sensorflächen.

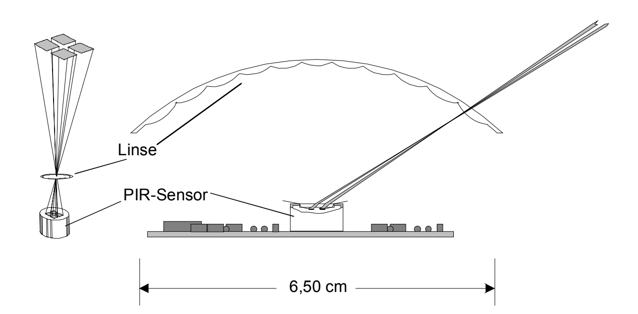


Bild: Sensorik im Präsenzmelder-Aufsatz

Montageort

Bei der Auswahl des Montageortes muss auf Elemente geachtet werden, die ein eigenes thermisches Verhalten aufweisen und die deshalb vom Präsenzmelder als „Person“ fehlinterpretiert werden können. Hierzu zählen

- Leuchten: Glühlampen haben im Betrieb eine sehr hohe Temperatur; nach Ausschalten kühlt die Lampe bis auf Raumtemperatur ab.
- Heizkörper: Vor allem im Winter steigt von Heizkörpern erwärmte Luft erkennbar nach oben (Pflanzen bewegen sich; bei geöffnetem Fenster leichtes Flimmern). Heizkörper selbst heizen sich im normalen Betrieb relativ langsam auf; wenn jedoch kalte Heizkörper mit einer hohen Vorlauftemperatur (z. B. 70°C) beschickt werden, kann auch dies vom Sensor erfasst werden.
- Lüfteröffnungen: Luftströmung, Bewegung eines Lüfterrades können ebenfalls zum Reagieren des Präsenzmelders führen.

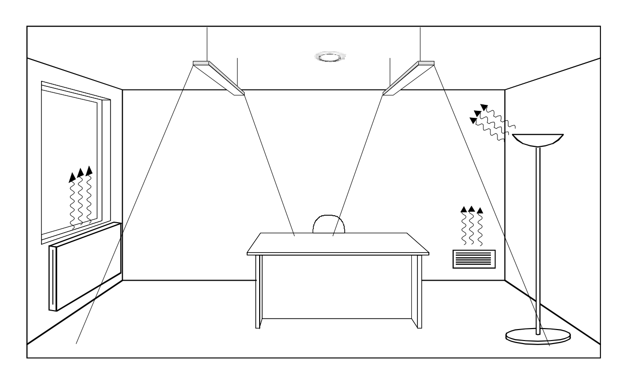


Bild: Wärmestrahlende Objekte

Wenn keine andere Montage möglich ist, kann das Erfassungsfeld mit einer Aufsteckblende eingeschränkt werden.

Möbel, Säulen, mobile Trennwände etc. schränken das Erfassungsfeld ein.

Da Vibrationen ebenfalls als „Bewegungen“ erkannt werden können, muss der Melder auf einer festen Unterlage montiert werden.

Messung der Umgebungshelligkeit

Beim Einbau muss ebenfalls die Position des Helligkeitssensors beachtet werden. Als Helligkeitsfühler dient ein lichtempfindlicher Widerstand (LDR), der am Ende eines Lichtleitstabes sitzt. Um unerwünschte Streulichteinwirkungen zu vermeiden, ist der Präsenzmelder so zu drehen, dass der Helligkeitssensor nicht zu Fenstern hin ausgerichtet ist.

Die Abhängigkeit der Bewegungserkennung von der Umgebungshelligkeit ist in den nachfolgenden Bildern dargestellt:

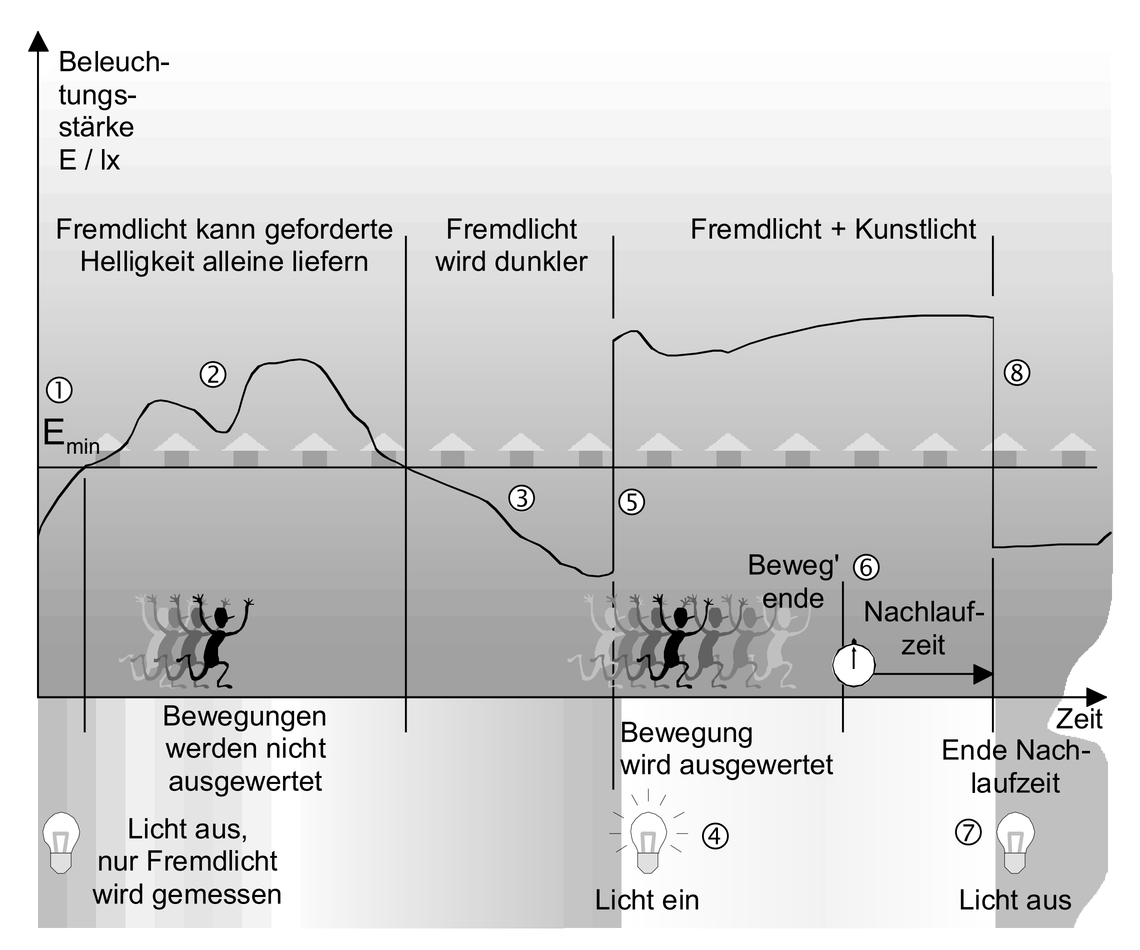


Bild: Bewegungserkennung nur bei Dunkelheit

1. Der Installateur stellt bei der Inbetriebnahme eine Beleuchtungsstärke E_{min} als Helligkeitsschwelle ein.
   Die Helligkeitsschwelle E_{min} ist auf die Beleuchtung abzugleichen. Hierzu wird der Regler „lux“ auf Tagbetrieb (Symbol „Sonne“) und der Regler „time“ auf Maximum (ca. 30 min) eingestellt. Z. B. mit Bewegung werden die Verbraucher eingeschaltet. Der Abgleich sollte mit möglichst wenig Fremdlichteinfall stattfinden; wenn möglich, sollte der Raum abgedunkelt werden. Nun wird der Regler „lux“ soweit in Richtung „Mond“ gedreht, bis die Test-LED leuchtet.
2. Solange der Helligkeitssensor ausreichende Helligkeit erkennt, werden erkannte Bewegungen nicht ausgewertet und die angeschlossenen Verbraucher nicht eingeschaltet.
3. Erst wenn die Umgebungshelligkeit unter die Helligkeitsschwelle sinkt, werden ...
4. ... Bewegungen ausgewertet und die Verbraucher eingeschaltet.
5. Beim Einschalten der Leuchten steigt die Helligkeit sprungartig an, wenn die überwachte Fläche plötzlich beleuchtet wird.
   Die nach dem Einschalten gemessene Helligkeit liegt über dem eingestellten Schwellwert; trotzdem darf der Präsenzmelder die Beleuchtung nicht ausschalten, da das einfallende Fremdlicht alleine nicht die geforderte Helligkeit liefern kann.
6. Erst wenn keine Bewegungen mehr erkannt werden, startet der Präsenzmelder seine Nachlaufzeit, ...
7. ... nach deren Ablauf die Verbraucher ausgeschaltet werden.
8. Die Nachlaufzeit ist retriggerbar, d. h. dann erkannte Bewegungen – oder Betätigen der Nebenstelle – starten die Nachlaufzeit neu.
9. Beim Ausschalten fällt der Kunstlichtanteil der Beleuchtungsstärke weg; die Helligkeit ändert sich daher sprungartig.

Im Unterschied zum normalen Bewegungsmelder geht die Messung der Helligkeit über die bloße Schwellwertüberwachung hinaus. Damit auch bei eingeschalteten Verbrauchern die Helligkeit korrekt gemessen wird, bewertet der Präsenzmelder die Helligkeitsmessung und kann so zwei Helligkeitsschwellen überwachen.
Der zweite Schwellwert wird intern im Präsenzaufsatz aus der Stellung des Reglers „lux“ abgeleitet.

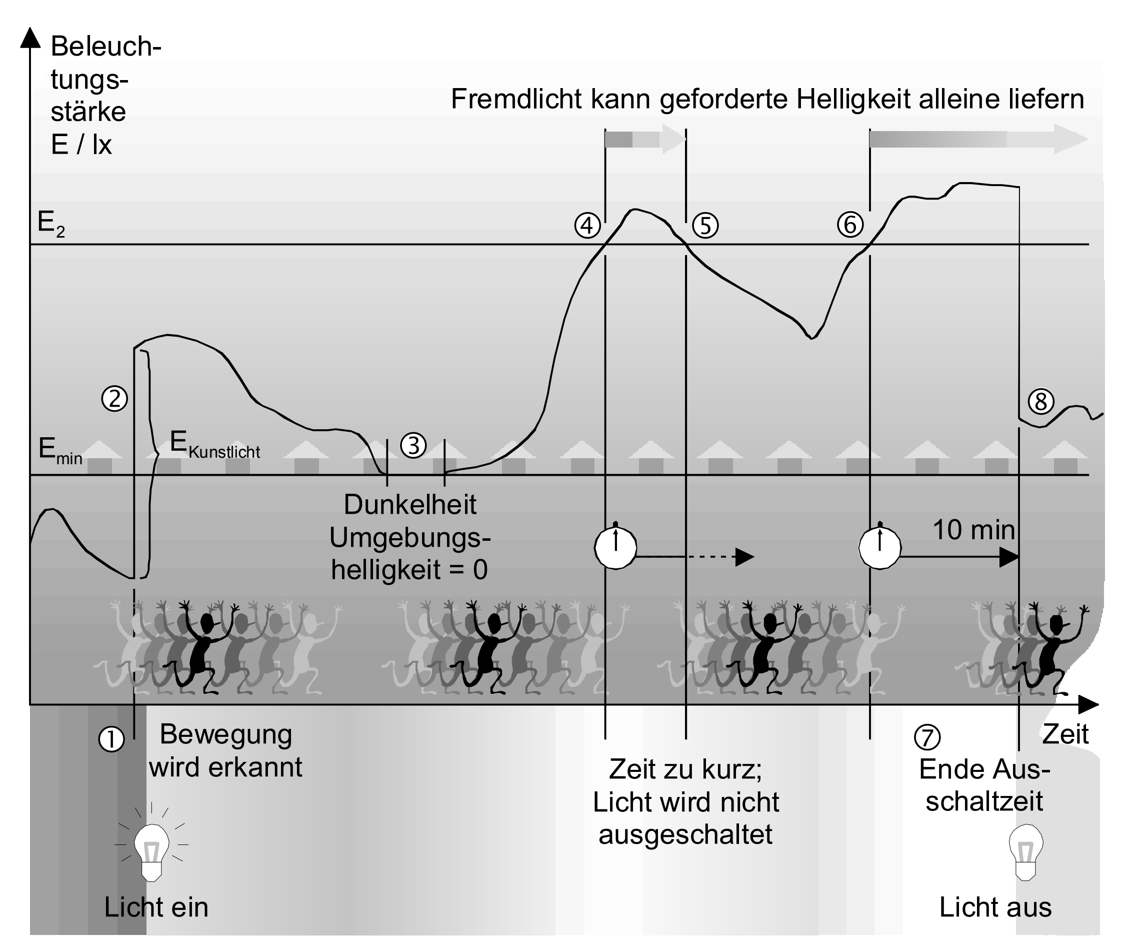


Bild: Helligkeitsmessung und -bewertung

1. Liegt die Umgebungshelligkeit unter der eingestellten Helligkeitsschwelle E_{min}, wertet der Präsenzmelder erkannte Bewegungen aus und schaltet die Beleuchtung ein.
2. Beim Zuschalten des Kunstlichts steigt die Helligkeit auf einen Wert zwischen E_{min} und E_2.
3. Sobald die Umgebungshelligkeit den Wert 0 erreicht (= Dunkelheit) misst der Helligkeitssensor nur noch den Kunstlichtanteil.
   Bei optimaler Abstimmung der Anlage ist dies die eingestellte Mindesthelligkeit E_{min}.
4. Sobald die Helligkeit die zweite Helligkeitsschwelle E_2 überschreitet, kann das einfallende Fremdlicht die geforderte Helligkeit alleine liefern, und der der Präsenzmelder startet die Ausschaltzeit.
5. Wenn vor Ende der Ausschaltzeit die Helligkeit wieder unter den Wert E_2 sinkt, wird die Ausschaltzeit vorzeitig beendet und die Beleuchtung bleibt eingeschaltet.
6. Erst wenn die Ausschaltzeit (10 Minuten) ordnungsgemäß abgelaufen ist, ...
7. ... schaltet der Präsenzmelder das Licht aus – auch wenn zu diesem Zeitpunkt Bewegungen registriert werden.
   Wenn die Helligkeitsschwelle E_2 überschritten wird, startet der Präsenzaufsatz einen Zähler, der im Sekundentakt heruntergezählt wird. Unterschreiten von E_2 z. B. durch Abschatten, vorbeiziehende Wolken etc. bewirkt eine Umkehr der Zählrichtung. Erst wenn der Zähler den Wert 0 erreicht, wird die Beleuchtung abgeschaltet.
8. Nach Ausschalten des Kunstlichts sinkt die Helligkeit auf einen Wert größer als die eingestellte Helligkeitsschwelle E_{min}.

„Standard“ – „Universal“

Innerhalb des „System 2000“ existieren zwei Präsenzmelder-Aufsätze:

- Präsenzmelder „Standard“
- Präsenzmelder „Universal“

  Sensorik und Signalauswertung entspricht der Variante „Standard“. Zusätzliche Funktionen liegen in der Bedienung; so können die Verbraucher gedimmt werden, und die Helligkeit auf der überwachten Fläche kann geregelt werden (Konstantlichtregler). Zusätzlich zur Variante „Standard“ ist ein Funkempfänger integriert. Mittels Funksender können Lichtszenen abgespeichert und abgerufen, Helligkeitsschwelle und Nachlaufzeit eingestellt werden. Insgesamt 8 Betriebsarten – einstellbar ebenfalls per Funk – erlauben Präsenzmelder- oder manuellen Betrieb, mit und ohne Konstantlichtregelung.

Schalteinsatz oder Dimmeinsatz

Die Funktionen des Präsenzmelders unterscheiden sich je nach Aufsatz – „Standard“ oder „Universal“ – und Einsatz – Schalteinsatz oder Dimmeinsatz. Die Funktionen der Präsenzmelder, die durch Kombinieren von Aufsatz und Einsatz entstehen, sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst:

Aufsätze / Einsätze	„Standard“-Aufsatz	„Universal“-Aufsatz
	• Einschaltschwelle 10 ... 1000 lx • Nachlaufzeit 10 s ... 30 min (Testbetrieb 1 s) • „Test“-LED für Einstellung der Einschaltschwelle	• Einschaltschwelle 10 ... 1000 lx • Nachlaufzeit 10 s ... 30 min (Testbetrieb 1 s) • Funkempfänger für instafunk-Sender (Fernbedienung, Funk-Präsenzmelder) • Konstantlichtregler • Lichtszenen • 8 verschiedene Betriebsarten wählbar
Schalteinsatz	• Einschalten bei Anwesenheitserkennung oder Nebenstellenbedienung. • Ausschalten bei Abwesenheit, genügend Umgebungshelligkeit oder Nebenstellenbedienung. • Dimmeinsätze werden wie Schalteinsätze betrieben.	• Schaltbetrieb (Ein/Aus)
Dimmeinsatz		• Abdimmfunktion (Komfort-Aus) • Tagbetrieb (helligkeitsunabhängig) • Einstellbare Einschalthelligkeit • Dimmen über Nebenstelle; Einschalthelligkeit einstellbar

Tabelle: „System 2000“ – Mögliche Kombinationen von Präsenzmelder-Aufsätzen und Einsätzen

Anhang: „System 2000“ – Release 2

Mit der Einführung des HLK-Schalt-Einsatzes wurde eine Änderung der Schnittstellenfunktion zwischen Aufsatz und Einsatz notwendig.

Für die PIR-Geräte – Automatik-Schalter und Präsenzmelder – ergab sich nämlich die Forderung, Licht helligkeits*ab*hängig und die HLK-Anwendung helligkeits*un*abhängig zu schalten.

Beispiel: 1. Dunkelheit: Wenn man den Raum betritt, sollen Licht und Heizung eingeschaltet werden. 2. Helligkeit: Beleuchtung wird nicht benötigt; bei Anwesenheit von Personen sollen Heizung bzw. Lüftung dagegen trotzdem einschalten.

Somit müssen über die Schnittstelle auch *zwei* Einschaltsignale übertragen werden; umgekehrt müssen die Schalteinsätze natürlich auch zwischen diesen beiden Schaltsignalen unterscheiden können. Um diese Funktion zu realisieren, wurde die Software in den Mikrocontrollern erweitert.

PIR-Aufsätze senden nun bei Bewegungserkennung folgende Signale an den Schalteinsatz:

- „Licht an“
- „Licht aus“
- „HLK ein“

Die beiden Einschaltsignale unterscheiden sich im wesentlichen durch ihre Länge. Das Signal „HLK aus“ entfällt, da der HLK-Einsatz über ein eigenes Zeit-Poti verfügt und nach Ablauf der eingestellten Zeit selbst ausschaltet. Bei Dunkelheit werden nun beide „Ein“-Befehle gesendet; bei Helligkeit nur der für das HLK-Relais:

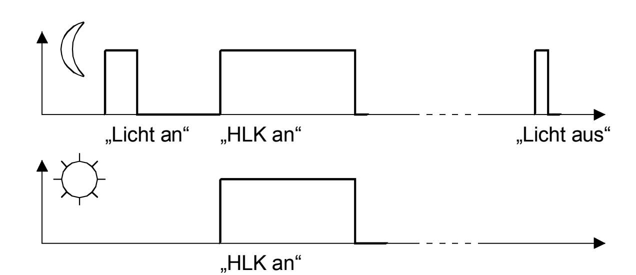


Bild: Schaltsignale für den HLK-Schalteinsatz

„System 2000“-Schalteinsätze älterer Baujahre – namentlich Relais-Schalteinsätze – können zwischen diesen beiden Signalen nicht unterscheiden und schalten daher ihr Relais ein, sobald sie ein „Ein“-Signal empfangen.

Notwendig wurde daher eine Kennzeichnung der neuen Geräte. Alle Einsätze und Aufsätze, die diese neue Schnittstelle unterstützen, tragen die Bezeichnung „Release 2“ (engl., „Freigabe“) und sind entsprechend mit „R2“ gekennzeichnet. Diese Angabe befindet sich neben der Angabe der Fertigungsstätte und der Fertigungsnummer.

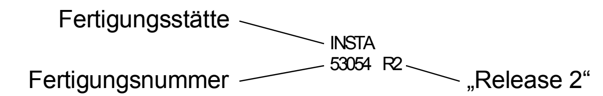


Bild: „R2“-Angabe bei „System 2000“-Geräten

„Alte“ Geräte tragen keine Kennzeichnung.

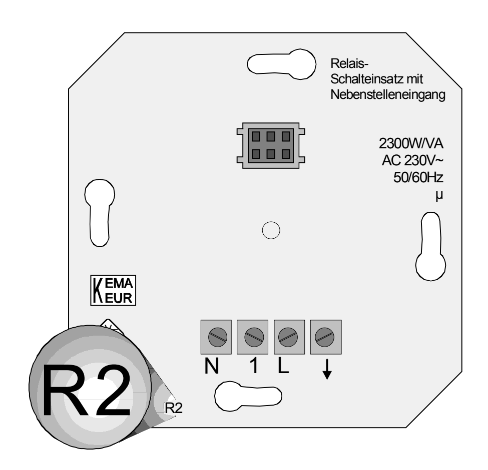


Bild: „R2“-Kennzeichnung beim Relais-Schalteinsatz

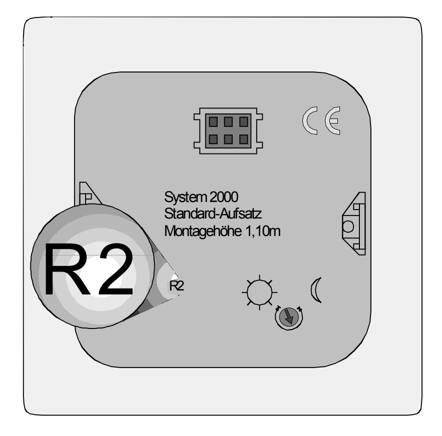


Bild: „R2“-Kennzeichnung beim Automatik-Aufsatz „Standard“

Für „System 2000“-Automatik-Schalter und Präsenzmelder ist also unbedingt zu beachten:

R2-Aufsätze nur auf R2-Einsätze montieren!!

Bei Montage eines „neuen“ PIR-Aufsatzes auf einen „alten“ Relais-Schalteinsatz würde also nachts – bei Dunkelheit – die Installation funktionieren; tagsüber – bei Helligkeit – würde bei Bewegungserkennung folgendes Fehlverhalten entstehen:

- Der PIR-Aufsatz erkennt Bewegung und sendet das Signal „HLK ein“.
- Der Einsatz erkennt ein „Ein“-Signal und schaltet den angeschlossenen Verbraucher, z. B. das Licht, trotz Helligkeit ein.
- Nach Ende der Bewegungserkennung sendet der Aufsatz kein „Aus“-Signal. Das Licht bleibt eingeschaltet.

3 WÄCHTER

Passiv-Infrarot-Bewegungsmelder („PIR“) sind mittlerweile Bestandteil jeder guten Elektroinstallation im privaten und gewerblichen Bereich. Bewegungsmelder sind Installationsgeräte, die Lichtquellen beim Eintritt einer Person in einen Raum einschalten und nach Verlassen wieder ausschalten.

Diese Bedarfs- bzw. Komfortschaltung zeigt deutlichen Nutzen, wenn Räumlichkeiten oft und kurzzeitig begangen werden. Sie hilft einerseits, Strom zu sparen, und dient andererseits der Sicherheit in dunklen Bereichen. Die Anwendungsmöglichkeiten sind nahezu unbegrenzt:

- Bedarfseinschaltung in Durchgängen, Treppenhäusern, Kellerräumen, auf Dachböden, in Lagerhallen;
- in Eingangsbereichen, Garagenzufahrten, Hinterhöfen;
- auf Terrassen;
- auf Parkplätzen und in Garagen;
- zur Erzielung von Lichteffekten in Empfangshallen und Ausstellungen;
- Personenerfassung vor Aufzügen.

Bewegungsmelder-Produktfamilien

Bei den Passiv-Infrarot-Wächtern unterscheidet man zwischen den folgenden Produktfamilien:

- Wächter (auch „Bewegungsmelder“)
- Präsenzmelder

Beiden Gerätekonzepten gemeinsam ist, dass bei Erfassung von Bewegungen Licht helligkeitsabhängig eingeschaltet wird. Unterschiede ergeben sich aus dem typischen Einsatzort und dem geforderten Ausschaltverhalten.

So werden Präsenzmelder vorwiegend für den Deckeneinbau im Bürobereich gebaut und schalten die Beleuchtung dann aus, wenn sie nicht mehr benötigt wird – d. h. es ist zu hell, oder niemand ist mehr anwesend. Während der Einschaltphase wird weiterhin die Helligkeit gemessen und bewertet. Ein Präsenzmelder muss auch kleine Bewegungen, die für Büroarbeit typisch sind, erkennen und benötigt hierzu ein hochauflösendes Erfassungsfeld und eine empfindliche Sensorik.

Wächter werden zur Überwachung von Fluren, Zuwegungen, Einfahrten etc. eingesetzt. Die dort zu erkennenden Bewegungen sind viel deutlicher und energiereicher und können deshalb einfacher erkannt werden. Dafür sind im Außenbereich viel mehr Störquellen, die ein Wächter nicht fälschlicherweise als Bewegungen erkennen soll. Das Ansprechverhalten von Wächtern wird für diesen Zweck optimiert. Das Ausschalten erfolgt auch bei Wächtern erst dann, wenn keine Bewegung mehr erkannt wird – allerdings unabhängig von der Helligkeit.

Der primäre Zweck eines Wächters ist also das *Ein*schalten eines Verbrauchers bei Bewegungserkennung, z. B. zur Verkehrsweg-Sicherung. Im Gegensatz dazu schaltet ein Präsenzmelder Beleuchtung *aus* und erschließt somit Einsparpotentiale (Energie-, Personalkosten).

Dieses Kapitel beschreibt Grundlagen von Bewegungsmeldern und Anwendungen von Wächtern. Präsenzmelder sind im Kapitel „System 2000“ ausführlich beschrieben.

Wächter-Produktgruppen

Wächter gliedern sich – je nach Anwendung – in Produktgruppen:

- Kompakt-Wächter für Aufputzmontage: Haupteinsatz ist im Außenbereich, daher im Allgemeinen wassergeschützte Ausführung (mind. IP54) und entsprechender Temperaturbereich.
- UP-Wächter: Auch „Automatik-Schalter“; üblicherweise anstelle normaler Installationsschalter eingesetzt. Haupteinsatzgebiet im Innenbereich, z. B. in Fluren.

Wächter für die Gebäudesystemtechnik – z. B. instabus EIB oder Funk-System – funktionieren natürlich nach den gleichen Prinzipien.

3.1 Wächtertechnik – Grundlagen

Bewegungsmelder reagieren auf Wärmeänderungen innerhalb ihres Erfassungsfeldes. Bei Personen ist dies Körperwärme, die als infrarote Strahlung abgegeben wird.

3.1.1 IR-Strahlung

Wärmestrahlung, auch Infrarot- (IR-) Strahlung oder IR-Licht genannt, ist neben Wärmeleitung und Wärmeströmung eine Art des Wärmetransports. IR-Strahlung ist – wie sichtbares Licht, Radiowellen etc. – ein Teil des elektromagnetischen Spektrums. Die Wellenlänge des IR-Bereichs beginnt oberhalb des sichtbaren Lichts, ab 0,78 µm, und reicht bis etwa 1,5 mm.

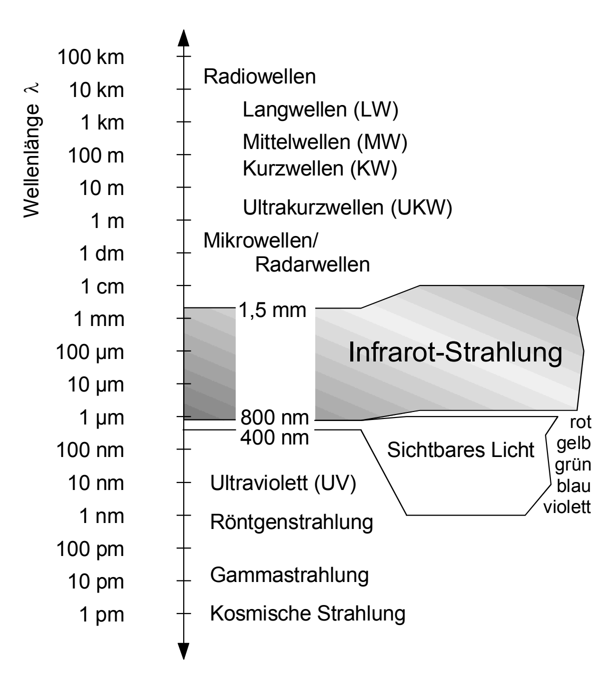


Bild: Elektromagnetisches Spektrum

Die Wellenlänge der IR-Strahlung eines Körpers ist abhängig von dessen Oberflächentemperatur. Die Wärmestrahlung des Menschen (ca. 300 K) hat ihr Maximum zwischen 9 und 10 µm.

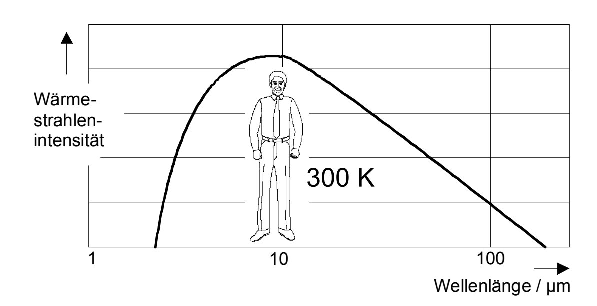


Bild: Wärmestrahlung des Menschen

3.1.2 Sensorelement

Zur Personendetektion nutzt man den pyroelektrischen Effekt. Sogenannte „pyroelektrische IR-Detektoren“ besitzen hohe Empfindlichkeit im langwelligen Infrarot-Bereich.

Basis eines IR-Detektors (Sensors) sind z. B. Lithiumtantalat-Kristalle. Diese Kristalle erzeugen bei Wärmeänderung (positive oder negative Temperaturänderung) eine elektrische Spannung. Die Sensorkristalle befinden sich in einem Metallgehäuse und sind dadurch vor elektromagnetischer Strahlung geschützt. Um den erfassbaren Infrarot-Bereich einzugrenzen, ist das Sensorelement durch ein Filterglas abgedeckt. Dieses optische Filter begrenzt den auszuwertenden Bereich auf das mittlere Infrarot von 7-14 µm.

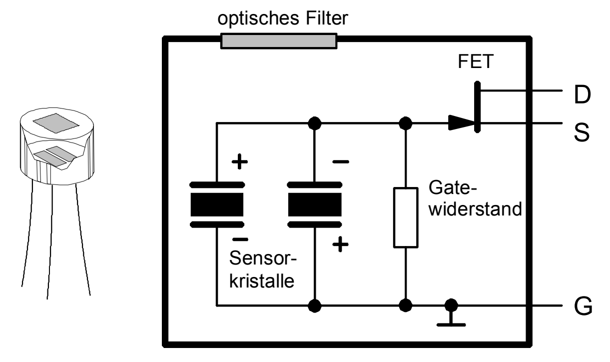


Bild: Sensoraufbau

Die von den Kristallen abgegebene Spannung liegt im Bereich von einigen µV (µV = millionstel Volt) und hängt von der auftreffenden Strahlungsintensität und der Strahlungsänderung pro Zeit ab. Zur Unterdrückung von Einflüssen aus der Umgebung sind in jedem Sensor zwei Kristalle antiparallel geschaltet. Einer der Kristalle gibt bei Auftreffen von Wärmestrahlung einen positiven, der andere einen negativen Spannungsimpuls ab. Strahlungsänderungen, die gleichzeitig und mit gleicher Intensität auf beide Kristalle einwirken, lösen keinen Erfassungsvorgang aus, denn die beiden Impulse heben sich gegenseitig auf. Dadurch ist ein Auslösen bei Wärmeänderungen der Umgebung weitgehend ausgeschlossen. Anders verhält es sich bei schnellen Bewegungen. Durch den örtlichen Versatz der Teilsensorflächen und die abbildende Optik geben die Lithiumtantalat-Kristalle ihre Impulse zeitversetzt ab. Die beiden Impulse addieren sich zu einer Wechselgröße mit höherer Signalamplitude. Dieses elektrische Ausgangssignal ist proportional der Strahlungsänderung und wird von den Wächtern zur Auslösung eines Erfassungsvorganges ausgewertet.

Die IR-Strahlung, die auf den Sensor fällt, ist von folgenden Bedingungen abhängig:

- der Intensität der Wärmequelle (Temperatur und Größe),
- dem Umgebungsmedium (Temperatur, unterschiedliche Luftfeuchtigkeit),
- dem Kontrast zwischen Wärmequelle und Umgebung,

- der Entfernung zwischen Wärmequelle und IR-Sensor,
- der Bewegungsgeschwindigkeit und Bewegungsrichtung der Wärmequelle.

Manche Wächter – vornehmlich solche für große Winkelbereiche – enthalten mehrere Sensorelemente.

Pyroelektrische Sensoren können die einfallende IR-Strahlung zwar erfassen, jedoch nicht die Art der Wärmequelle unterscheiden. „Intelligente“ Wächter enthalten einen Mikroprozessor und bewerten die elektrischen Signale, und können so darauf schließen, ob das Signal von Menschen oder z. B. von Blätterrascheln herrührt. Formen unterscheiden und Ortsveränderungen von Wärmequelle kann ein PIR-Wächter prinzipbedingt nicht.

3.1.3 Fresnel-Linse

Damit die einfallende IR-Strahlung möglichst vollständig vom Sensorelement erfasst werden kann, muss sie auf der empfindlichen Fläche gebündelt – „fokussiert“ – werden.

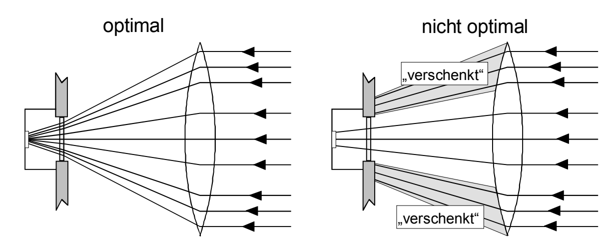


Bild: Optimale und nicht optimale Focussierung

Infrarot-Strahlung unterliegt den gleichen Gesetzen wie sichtbares Licht, d. h. geradlinige Ausbreitung, Reflexion, Beugung, Brechung.

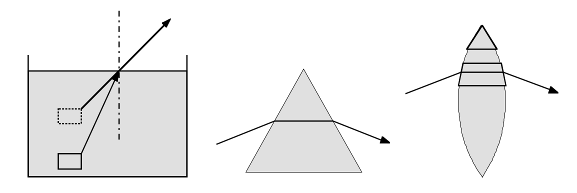


Bild: Lichtbrechung – Prinzip und Anwendung

Mit Brechung bezeichnet man die Richtungsänderung, die ein (Licht-) Strahl erfährt, wenn er aus einem Stoff in einen anderen übergeht und die Brechzahlen der beiden Stoffe voneinander verschieden sind. Der Brechung liegt das Phänomen zugrunde, dass die Geschwindigkeit des Lichts in einem „optisch dichteren“ Medium geringer ist. Für einen Beobachter in einem dünneren Medium (z. B. Luft) scheint ein Körper in einem dichteren Medium (z. B. Wasser) näher an der Grenzfläche zu liegen, als dies tatsächlich der Fall ist.

Durch ein Prisma wird ein Lichtstrahl in Richtung des dickeren Endes abgelenkt. Der Strahlendurchgang durch eine optische Linse unterliegt dem gleichen Prinzip.

Für die Brechung von Lichtstrahlen ist nicht die Dicke einer Linse verantwortlich, sondern die Stellung ihrer Flächen zu den auftreffenden Lichtstrahlen. Schon 1820 nutzte der französische Physiker J. A. Fresnel diesen Effekt für die Entwicklung von Leuchtfeuern für die Schifffahrt. Um nämlich möglichst viel des von einer Lichtquelle ausgesendeten Lichts zu nutzen, müsste eine herkömmliche Linse eine solche Dicke besitzen, dass in dem entstehenden Glaskörper zuviel Licht verloren ginge. Die nach Fresnel benannten „Fresnel-Linsen“ sind aus einzelnen Zonen zusammengesetzt und ermöglichen – trotz relativ flacher Bauweise – kurze Brennweiten und eine hohe Lichtausbeute.

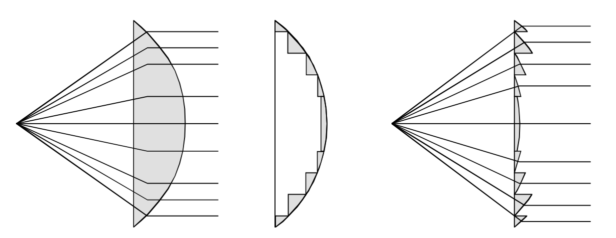


Bild: Prinzip der Fresnel-Linse

Weitere Anwendung finden Fresnel-Linsen in der Bühnenbeleuchtung, bei Tageslicht-Projektoren oder auch zum Einsehen unübersichtlicher Räume.

3.1.4 Erfassungsfeld

In den Wächtern wird üblicherweise ein Linsensystem aus Kunststoff-Folie eingesetzt. Dieses besteht aus einer Anzahl einzelner Fresnel-Linsen und ist auf die Wellenlänge der IR-Strahlung abgestimmt. Bei Wächtern, in denen auch der Helligkeitssensor durch die Linse schaut, muss diese Folie für sichtbares Licht hinreichend transparent sein.

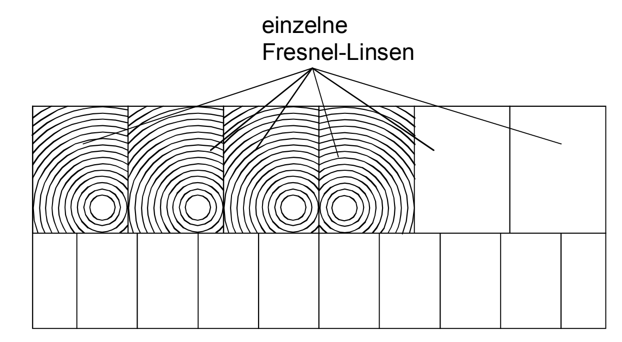


Bild: Fresnel-Linsensystem in zwei Ebenen

Erfassungs-Sektoren

Das Linsensystem ist so ausgebildet, dass sich ein Erfassungsfeld mit einem breiten Winkel (70°, 110°, 180°, 220°) ergibt. Jede Einzellinse bildet einen Ausschnitt des Erfassungsfeldes auf den PIR-Sensor ab. Die Anzahl dieser Erfassungs-Sektoren und damit die Dichte der Abtastung ist ein unmittelbares Merkmal für das Ansprechverhalten und damit für die Qualität eines PIR-Bewegungsmelders. Daher findet man die Sektorenanzahl auch häufig in den Technischen Daten von Wächtern wieder.

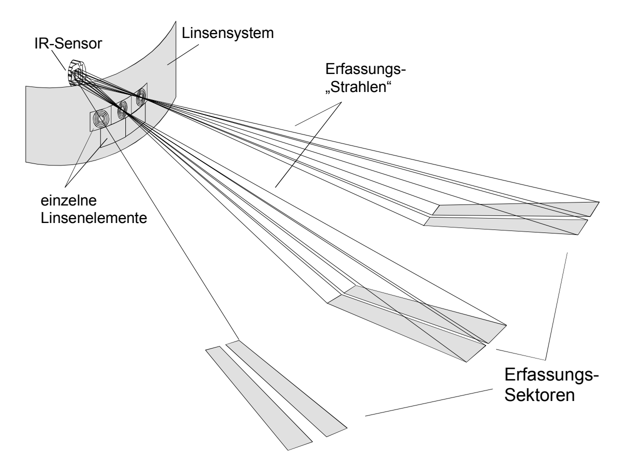


Bild: Sektoren im Erfassungsfeld

Zwischen den Erfassungs-Sektoren können sich schmale, nicht überwachte Bereiche befinden. Dies ist kein „negativer Nebeneffekt“ des Linsensystems, sondern durchaus gewollt: Das typische Sensorsignal, welches beim Durchschreiten eines Erfassungs-Sektors entsteht, steigt beim „Betreten“ des Sektors steil an, wechselt die Polarität beim Passieren der Mittellinie (zwischen den beiden Teilflächen) und kehrt bei Verlassen des Sektors wieder zurück zum Ruhezustand (ggf. mit Überschwinger). Die Elektronik eines Wächters wertet nun die Spannungs*änderungen* aus. Überschreitet die Spannungsänderung innerhalb eines Messintervalls Δt_{Mess} einen festgelegten Schwellwert ΔU_{Mess}, löst der Wächter aus.

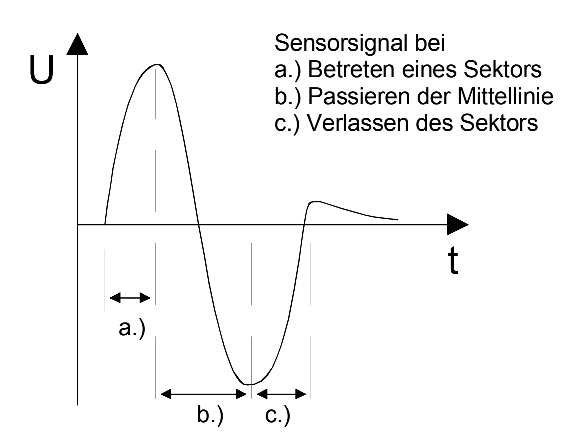


Bild: Typisches Sensorsignal bei Durchschreiten eines Sektors

Schaltsegmente

Die Intensität des Sensorsignals ist immer abhängig vom Wärmekontrast, der im Erfassungsfeld erkannt wird. Bei schlechten Wärmekontrasten muss daher ein Sektor vollständig durchschritten werden, damit es zum Auslösen des Wächters kommt. Hier wird das Passieren der „Mittellinie“ eines Sektors zum auslösenden Moment.

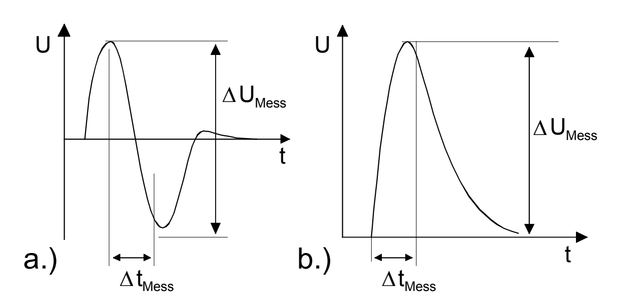


Bild: Bewegungserkennung bei a.) schlechtem bzw. b.) gutem Wärmekontrast

Bei guten Wärmekontrasten fällt das Sensorsignal entsprechend deutlicher aus. Für eine Reaktion des Wächters reicht nun auch das bloße Betreten eines Sektors aus. So stellt bereits die Kante eines Sektors ein sogenanntes „Schaltsegment“ dar.

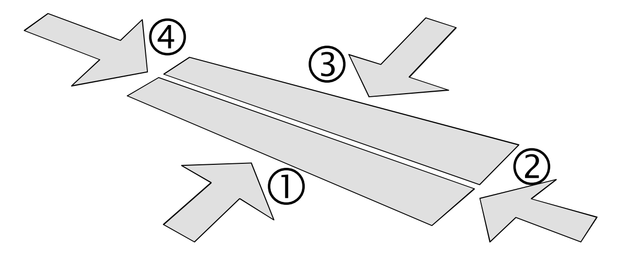


Bild: Schaltsegmente im Erfassungsfeld

Auch die Anzahl der Schaltsegmente wird häufig in den Technischen Daten verwendet. Der Zusammenhang zwischen Schaltsegmenten und Sektoren ist

Anzahl Schaltsegmente = Anzahl Sektoren x 4

Wächter mit mehreren PIR-Sensoren

Bei Wächtern mit nur einem Sensorelement ist die Anzahl der Sektoren gleich der Anzahl der Einzellinsen des Linsensystems. Bei Wächtern mit mehr als einem PIR-Sensor erhöht sich die Sektorenanzahl, da Einzellinsen durch mehrere Sensoren genutzt werden. Die Sektorenanzahl ergibt sich durch die Anzahl möglicher Kombinationen von Sensor und Einzellinse.

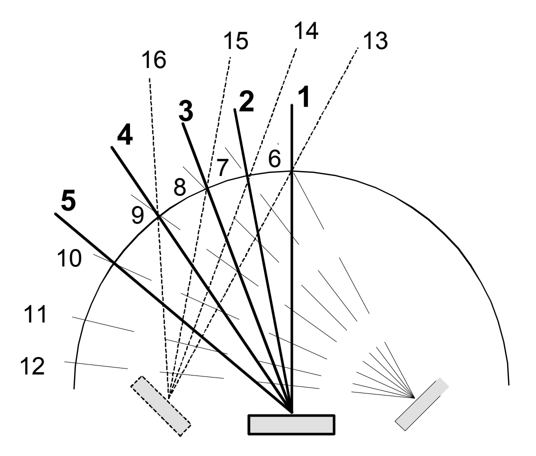


Bild: Sektorenanzahl bei Wächtern mit mehreren Sensoren – Ausschnitt

„Erfassungsstrahlen"

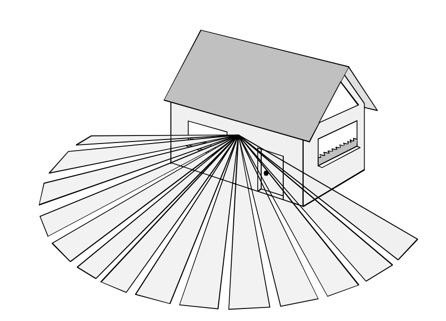


Bild: Erfassungsstrahlen

Zur vereinfachten Darstellung von Erfassungsfeldern spricht man oft auch von „Erfassungsstrahlen" („Strahlenfingern") und „Abtastung". Diese Begriffe sind zur Veranschaulichung sehr hilfreich, jedoch physikalisch nicht ganz korrekt, da der Eindruck erweckt wird, dass der Wächter selbst aktiv Strahlen aussendet. Als „Passiv-IR-" Gerät reagiert der Wächter auf wärmestrahlende Objekte innerhalb seines Erfassungsfeldes.

3.1.5 Helligkeitssensor

Ein leistungsfähiger PIR-Wächter schaltet das Licht erst ein, wenn eine bestimmte Mindesthelligkeit unterschritten ist, und besitzt daher einen eingebauten Dämmerungsschalter. Als Messgröße für die Helligkeit wird hierbei die Beleuchtungsstärke in Lux zugrunde gelegt.

Die Beleuchtungsstärke ist definitionsgemäß der „Quotient aus dem auf eine Fläche A auftreffenden Lichtstrom Φ und der Größe dieser beleuchteten Fläche A."

Die Umgebungshelligkeit wird üblicherweise mit einem lichtempfindlichen Widerstand (LDR) gemessen. In unbeleuchtetem Zustand ist ein solcher Fotowiderstand hochohmig. Sein „Dunkelwiderstand" beträgt bis zu einigen Megaohm. Mit zunehmender Beleuchtungsstärke sinkt der elektrische Widerstand bis auf 1/1000 des Dunkelwiderstandes.

Eine elektronische Schaltung wertet den Strom durch diesen Widerstand aus und vergleicht ihn mit dem eingestellten Sollwert (Lux-Einsteller). Bei Erreichen bzw. Unterschreiten des gewählten Wertes wird der Bewegungsmelder aktiv geschaltet und erfasste Bewegungen in „Licht einschalten!" umgesetzt.

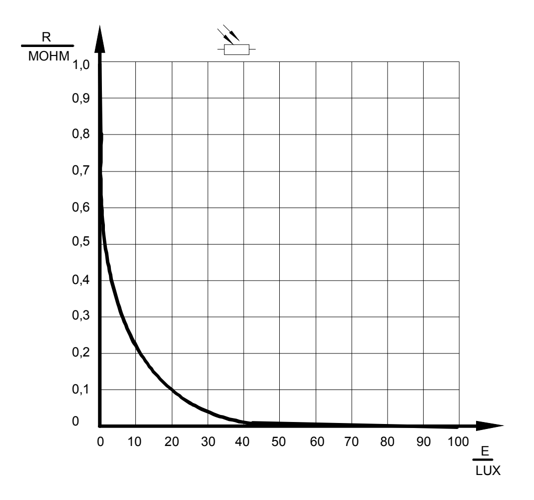


Bild: LDR-Kennlinie

3.1.6 Wächter (Bewegungsmelder) auch als Alarmanlage?

Passiv-Infrarot-Bewegungsmelder sind als Bedarfs- oder Komfortschaltung zum Einschalten und automatischen Ausschalten von verschiedensten Lichtquellen einsetzbar.

Es wird allerdings primär nicht die menschliche Bewegung, sondern eine Wärmeänderung im Erfassungsfeld ausgewertet. Die auf kleinste Wärmeänderungen ansprechenden Sensoren sind in der Lage, auch über große Entfernungen (bis zu 16 m) menschliche Bewegung zu detektieren. Bedenkt man, dass die Wärmestrahlung, die eine Einschaltung auslöst, aufgrund der Kleidung nur von wenigen Körperstellen, wie z. B. Gesicht und Händen, abgeben wird, so wird verständlich, dass Wärmequellen mit geringerer Energie im Nahbereich ebenfalls ausgewertet werden. Wächter können somit auch bei Tieren oder warmen bzw. kalten Luftströmungen (Heizung, Klimaanlage, Lüfter, Faxgeräte, Kopierer etc.) eine Schaltung auslösen.

Im Rahmen einer Alarmanlage könnte es daher zu einer unerwünschten Erfassung und damit zu einem Fehlalarm kommen. Außerdem ist die PIR-Technik ohne zusätzliche Maßnahmen grundsätzlich nicht sabotagesicher.

Für Alarmanlagen geeignete Geräte werden deshalb nur für den Innenbereich gebaut und verfügen über einen Sabotagekontakt, der bei Öffnen des Gerätes anspricht und Alarm auslöst. Gegenüber „normalen“ Wächtern lösen sie nicht direkt beim ersten Impuls aus) und arbeiten unabhängig von der Umgebungshelligkeit.

Mit einem PIR-Wächter kann durchaus „unerwünschter Besuch“ durch den Überraschungseffekt einer Lichteinschaltung verschreckt werden. Sicherheit wie es in Kombination mit Alarmanlagen gewünscht wird, ist allerdings nicht gegeben.

3.2 Aufbau von Wächtern

Der „klassische“ Bewegungsmelder ist im Außenbereich – Zuwegung, Einfahrt, Garten – positioniert und sorgt dafür, dass bei Dunkelheit das Licht eingeschaltet wird, sobald man das Gelände betritt. Die Beleuchtung ist also dann zuverlässig eingeschaltet, wenn man sie benötigt – und sonst nicht (Energieeinsparung!). Positiver Nebeneffekt: Potentielle Einbrecher finden keinen Schutz in der Dunkelheit, während sie sich an Haustür oder Fenstern zu schaffen machen.

Nicht zuletzt der Wettbewerb zwischen Herstellern führt(e) zu verschiedensten Modellen und auch immer ausgeklügelteren Geräten und Auswerteverfahren. Doch auch technische Gründe sprechen für die stetige Fortentwicklung. Verschiedene Anwendungen erfordern z. B. unterschiedliche Erfassungsfelder; spezielle Eigenschaften werden nicht immer benötigt. Der Fortschritt der Technik erlaubt heute zuverlässige und bezahlbare Geräte, die z. B. unempfindlicher gegenüber Manipulation sind, für die vor 20 Jahren der Aufwand eines Kleincomputers nicht ausgereicht hätte.

Auch der Geschmack der Zeit ändert sich; so achtet man heute nicht nur auf die reine Funktion, sondern das Design muss „stimmen“ – die Technik soll nicht als störender Fremdkörper wirken, sondern sich harmonisch in die Umgebung einfügen; andererseits werden dem Kunden mit dem Design die „Tugenden“ des Geräts signalisiert – z. B. Zuverlässigkeit, Qualität, Wachsamkeit.

3.2.1 Anforderungen an Wächter

Neben der reinen Funktion – Personenerkennung bei Dunkelheit und Einschalten der Beleuchtung – werden an moderne Wächter heute die folgenden Forderungen gestellt:

- Weitgehend unempfindlich gegenüber Umwelteinflüssen;
- wetterfest (Außenwächter), mindestens IP54 (staub- und spritzwassergeschützt);
- temperaturbeständig;
- korrosionsbeständig (Kondenswasser);
- UV-beständig (Linse);
- Überwachung auch größerer Flächen und Bereiche (z. B. Hof, lange Flure) möglich, z. B. durch Haupt-/Nebenstellenbetrieb;
- auch andere Lasten bedienbar, z. B. Ladenglocke (Klingelbetrieb);
- Einschränkung des Erfassungsbereichs möglich;
- einfache Inbetriebnahme;
- Last manuell bedienbar;
- erhöhte Lebensdauer.

3.2.2 Funktionsprinzip von Wächtern

Um die Arbeitsweise von Wächtern zu verstehen, ist es sinnvoll, zunächst die Aufgaben von Wächtern im Detail zu formulieren:

- Für die Dauer der Bewegungserfassung sowie einer voreingestellten Nachlaufzeit soll der „Ein- Zustand“ erhalten bleiben.
- Der Wächter soll nachtriggern; jede neue Bewegung im Erfassungsfeld soll die Nachlaufzeit neu starten. Die Verbraucher werden erst nach Verlassen des Erfassungsfeldes und endgültigem Ablaufen der Nachlaufzeit ausgeschaltet.
- Der Wächter soll nicht einschalten, wenn eine gewisse Umgebungshelligkeit überschritten ist. Die Schaltschwelle – Tageslicht, in der Dämmerung oder erst bei Dunkelheit – soll stufenlos einstellbar sein.

  Der Dämmerungsschalter sollte mit einer Verzögerungszeit ausgestattet sein. Im Innenbereich (Einbauhöhe bei ca. 1,1 m) kann der Helligkeitssensor durch den Körperschatten einer Person abgedunkelt werden; im Außenbereich kann ein Wächter von unbefugten Personen angeleuchtet und außer Gefecht gesetzt werden. Um entsprechendes Fehlverhalten des Wächters zu vermeiden, ist eine elektronische Zeitverzögerung realisiert, welche kurzzeitige Helligkeitswechsel ignoriert und somit Fehlschaltungen weitgehend ausschließt.
- Das Licht soll auch von Hand schaltbar sein. Nach Ablauf der eingestellten Nachlaufzeit soll es automatisch wieder ausschalten.

Die Arbeitsweise eines Wächters erläutert das nachfolgende Prinzipschaltbild:

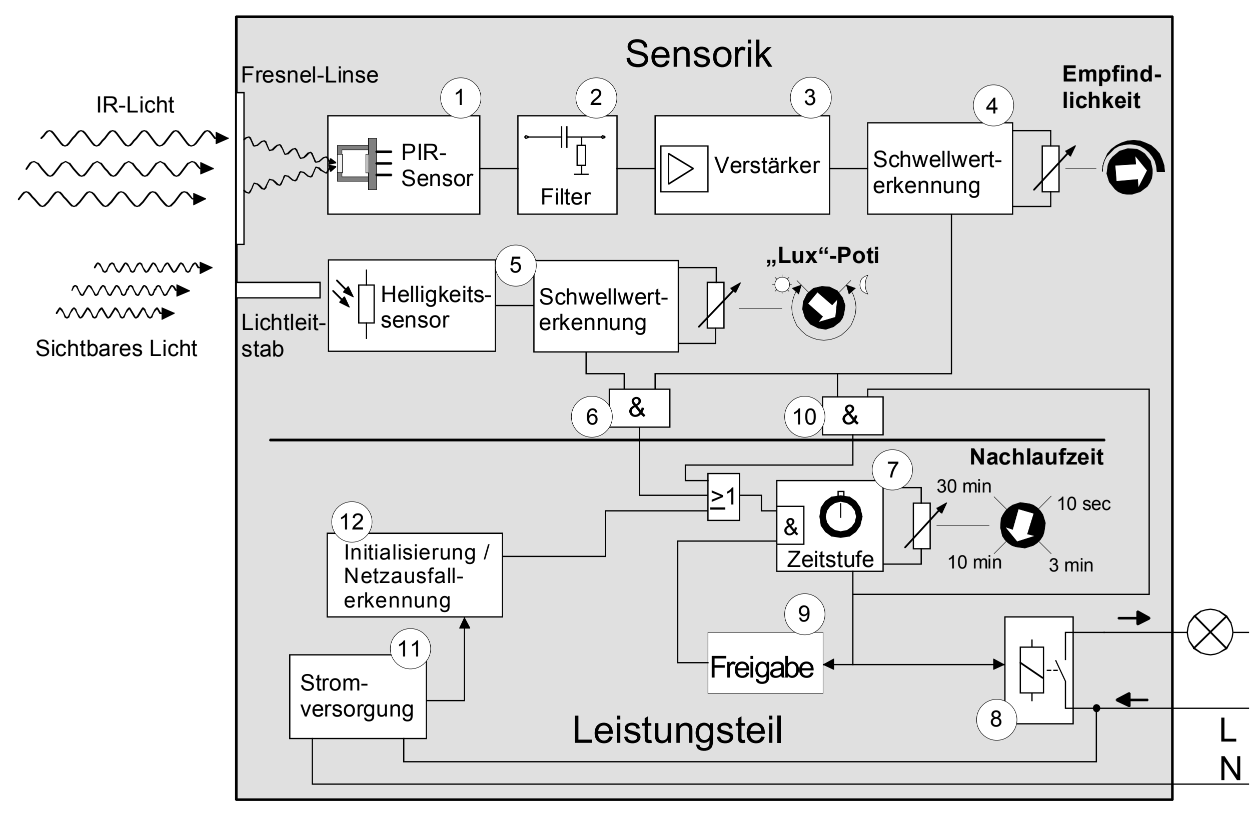


Bild: Wächter – Prinzipschaltbild

1. PIR-Sensorelement: Änderungen der einfallenden Wärmestrahlung werden in eine Spannungsänderung (µV-Bereich) umgesetzt.
2. Filterschaltung: Langsame Vorgänge werden herausgefiltert. Ungewollte Schaltungen durch naturbedingte Temperaturschwankungen werden so weitgehend vermieden (z. B. vom Wind bewegte Blätter).
3. Das Signal des PIR-Sensors wird für die weitere Auswertung verstärkt.
4. Die Schwellwerterkennung gibt bei Überschreitung des eingestellten Grenzwertes (Poti „Empfindlichkeit") am Ausgang einen High-Pegel aus. Im anderen Falle wird ein Low-Pegel (niedrige Spannung) ausgegeben.
5. Ein lichtempfindlicher Widerstand dient als Helligkeitssensor. Dieses Bauelement verändert, in Abhängigkeit der auftreffenden Lichtstärke, seinen elektrischen Widerstand. Der nachgeschaltete Schwellwertschalter gibt bei Dunkelheit High-Pegel, bei Helligkeit Low-Pegel aus.
6. Ein Schaltbefehl wird nur ausgegeben, wenn die voreingestellte Mindesthelligkeit unterschritten ist und eine Änderung der einfallenden IR-Strahlung (= Bewegungserkennung) erkannt worden ist.
7. Erkannte Bewegungen starten die Zeitstufe. Die Zeitstufe gibt bei Start einen High- und nach Ablauf der eingestellten Zeit einen Low-Pegel aus. Der Eingang ist als Und-Gatter ausgeführt, damit die „Freigabe" (9) die Zeitstufe sperren kann.
8. Der Ausgang des Bewegungsmelders ist meistens als Relais ausgeführt. Insbesondere im Innenbereich sind auch andere Schaltelemente – Triac oder MOSFET – üblich.
9. Die Freigabestufe reagiert auf das Ausschalten des Lastkreises und sperrt kurzzeitig die Zeitstufe, damit Einflüsse von Fremdlicht (geschaltete Lampen nahe des Erfassungsbereichs) nicht als „Bewegung" fehlinterpretiert werden.
10. Wenn der Ausgang des Bewegungsmelders geschaltet wird, wird üblicherweise das Erfassungsfeld beleuchtet. Damit der Helligkeitssensor dann nicht auf „Tagbetrieb" umschaltet und die Erfassung weiterer Bewegungen verhindert, erfolgt bei eingeschalteter Beleuchtung die Bewegungserkennung helligkeitsunabhängig.
11. Die Stromversorgung erzeugt aus der Netzspannung eine Gleichspannung (typ. 5 V) und versorgt Sensorik und Leistungsteil.
12. Wenn die Netzspannung eingeschaltet wird, führt das Gerät einen Selbsttest durch. Zu Beginn dieser Initialisierung wird die Zeitstufe gestartet. Dieser Selbsttest kann zum manuellen Einschalten der Beleuchtung genutzt werden, indem mit einem Taster der Netzanschluss kurzzeitig unterbrochen wird.

3.2.3 Einfluss der geschalteten Lampe auf den Wächter

Leuchtmittel wie Glüh- und Halogenlampen wurden für eine Strahlung im sichtbaren Bereich (ca. 400...800 nm) entwickelt, geben jedoch den überwiegenden Teil der zugeführten Energie in Form von Wärmestrahlung ab. Auch Entladungslampen – z. B. Leuchtstofflampen – geben durch ihre Glühwendel eine nicht zu vernachlässigende Strahlungswärme ab. Die Intensität dieser Wärmequellen übersteigt die Wärmestrahlung des Menschen bei weitem.

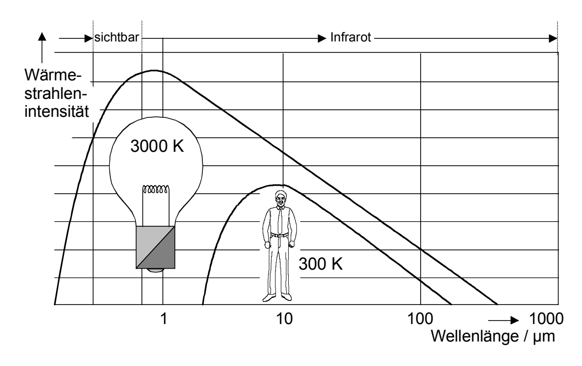


Bild: Wärmestrahlenintensität von Lampen

Wenn z. B. eine Glühlampe ins Erfassungsfeld von Wächtern montiert wird, kann ein Ausschalten der Lampe (Lampe kühlt in diesem Moment ab) vom Wächter als Wärmeänderung registriert werden. Da ein PIR-Wächter nicht den Ursprung einer Wärmeänderung feststellen kann, schaltet er erneut ein.

Um solch eine „Lichtschaukel" zu vermeiden, sind die meisten Wächter mit einer Verriegelungszeit ausgerüstet. Beim Ausschalten der Leuchten ist die Bewegungserfassung für ca. 3 s verriegelt. Erst nach Ablauf dieser Zeit kann erneute Bewegung erkannt werden.

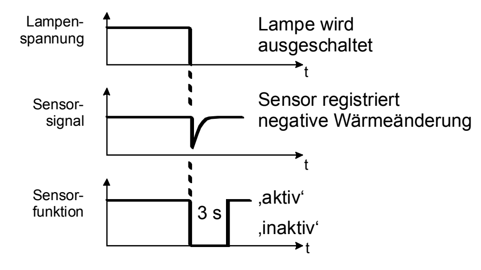


Bild: Verriegelungszeit beim Ausschalten

Trotzdem: Lampe und Leuchte sind nach 3 s nicht immer vollständig abgekühlt; deshalb sollte auf jeden Fall immer genügend Abstand zwischen Wächter und Leuchte eingehalten werden. Wenn nicht anders möglich, sollte das Erfassungsfeld des Wächters durch Blenden eingeschränkt bzw. die Empfindlichkeit reduziert (soweit möglich) werden.

3.2.4 Parallelschalten mehrerer Wächter

Um größere Bereiche zu erfassen, für die ein einzelner Wächter nicht ausreicht, werden häufig mehrere Wächter parallel geschaltet. Durch ungeschickte Positionierung von Wächtern und geschalteten Leuchten können sich hierbei Probleme ergeben:

- Es ergibt sich das Phänomen einer „Lichtschaukel", d. h. Leuchten schalten nach Ausschalten wieder ein, obwohl keine Bewegung im Erfassungsfeld stattfand.
- Leuchten schalten aus, obwohl sich Personen im Erfassungsfeld bewegen.

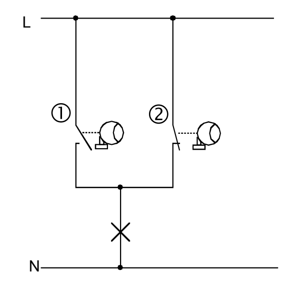
Diese Probleme entstehen aus den folgenden Gründen:

Wiedereinschalten von Leuchten

Ein Wächter, der Bewegung erkannt hat, ist nach dem Ausschalten der Leuchten für 3 s verriegelt.

Der Wächter hingegen, der keine Bewegung erkannt hat, ist beim Ausschalten der Leuchten nicht verriegelt.

Wenn nun der Wächter, der die Leuchten eingeschaltet hat, diese wieder ausschaltet (im Bild Wächter ②), kann der nicht verriegelte Wächter (①) die Lampen selbst oder deren reflektierte Wärmestrahlung (Abkühlung → Wärmeänderung) erfassen. Wächter ① schaltet die Leuchten also wieder ein, und es ergibt sich der Effekt einer „Lichtschaukel".



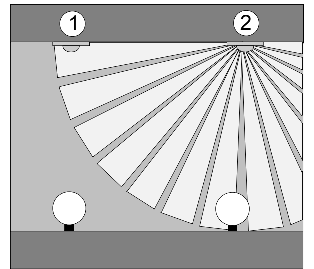


Bild: Wiedereinschalten bei mehreren Wächtern

Unerwartetes Ausschalten trotz Bewegung

Wenn ein Wächter Bewegung erkannt und das Licht eingeschaltet hat, wertet er alle weiteren Bewegungen unabhängig von der Umgebungshelligkeit aus.

Fällt das Licht der eingeschalteten Lampe auf weitere Wächter, die noch keine Bewegung erkannt haben, so kann deren Helligkeitssensor eine ausreichende Beleuchtungsstärke erkennen – d. h. auf „Tagbetrieb“ schalten – und Bewegungen nicht auswerten. Wechselt eine Person dann aus dem Erfassungsbereich des ersten in den eines anderen Wächters, so werden ihre Bewegungen nicht mehr berücksichtigt und die Leuchten nach Ablauf der Nachlaufzeit ausgeschaltet.

Im folgenden Bild ist Wächter 1 aktiv und schaltet die Beleuchtung ein. Wächter 2 misst dann eine ausreichende Umgebungshelligkeit und wertet erkannte Bewegungen nicht mehr aus. Wechselt die Person ins Erfassungsfeld von Wächter 2, wird die Beleuchtung also – nach Ende der Nachlaufzeit von Wächter 1 – ausgeschaltet.

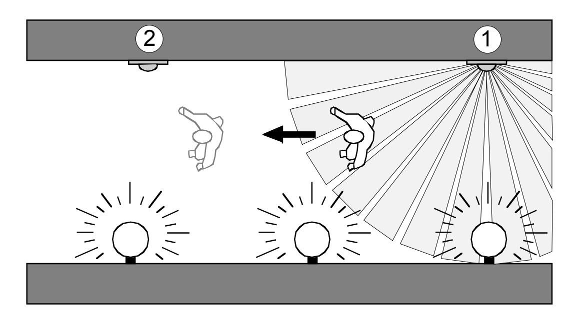


Bild: Helligkeitssensor und Raumlicht

Alternative Lösungen

Abhilfe der beschriebenen Probleme kann durch die Auswahl anderer Geräte geleistet werden:

- Im Wächter-System sind Sensoren und Leistungsteil voneinander getrennte Geräte. Bis zu 8 Sensoren können hier ein Leistungsteil bedienen. Helligkeitsschwelle und Nachlaufzeit werden im Leistungsteil eingestellt.
- Im Innenbereich bieten sich Unterputz-Wächter aus dem „System 2000“-Baukasten an, die mit Nebenstellen erweitert werden. Die Nebenstellen melden Bewegungserkennung an die Hauptstelle; diese wertet alle Sensorsignale und die Helligkeit aus und schaltet die Last entsprechend. – Nähere Informationen hierzu sind im Kapitel „UP-Baukasten System 2000“ enthalten“.
- Insbesondere für Treppenhäuser oder lange Flure, die mit einer konventionellen 3-Leiter- oder 4-Leiter-Schaltung versehen sind und jetzt mit Wächtern nachgerüstet werden sollen, empfehlen sich Unterputz-Wächter mit Impuls-Einsätzen und der dazugehörige Treppenlicht-Automat. Details hierzu sind im Kapitel „Wächter 180 UP-Baukasten“ beschrieben.

3.2.5 Außenwächter

Wächter für den Außeneinsatz sind wetterfest und entsprechen mindestens der Schutzklasse IP 54 (spritzwassergeschützt). Bei einigen Wächtern ist das Linsensystem durch eine Schutzfolie abgedeckt. Schutzfolie bzw. Linsensystem sind durch Materialzusätze gegen UV-Strahlung geschützt.

3.3 Reichweite von Wächtern

In den Technischen Daten von Wächtern und Bewegungsmeldern ist als wesentliches Merkmal die Charakteristik des Erfassungsfeldes und – damit verbunden – die „Nennreichweite“ angegeben. Dies ist die Entfernung vom Wächter, in der die „Erfassungsstrahlen“ auf den Boden treffen.

Die „aktive Reichweite“ in einer Installation hängt von den örtlichen Gegebenheiten und weiteren physikalischen Faktoren ab. Änderung – eines oder mehrerer – dieser Faktoren kann die Reichweite reduzieren oder – in manchen Fällen – auch vergrößern.

Der bestimmende Faktor für die Reichweite und die Zuverlässigkeit der Erfassung ist – wie im folgenden gezeigt wird – der Montageort, der deshalb sorgfältig ausgewählt werden sollte. Bei der Auswahl des Montageortes sind die in den folgenden Kapiteln beschriebenen Einflüsse zu beachten.

Bei allen Betrachtungen, die die Reichweite betreffen, ist zu beachten, dass der Grenzbereich für die Bewegungserkennung nicht immer scharf umrissen werden kann. Bei Eintritt in das Erfassungsfeld wird eine Person nämlich zunächst nur an den Beinen detektiert, während für einen Bewegungsmelder vor allem nicht-verhüllte Körperteile, meistens Hände und Gesicht, gut erkennbar sind. Diese erreichen das Erfassungsfeld erst bei weiterer Annäherung an den Sensor.

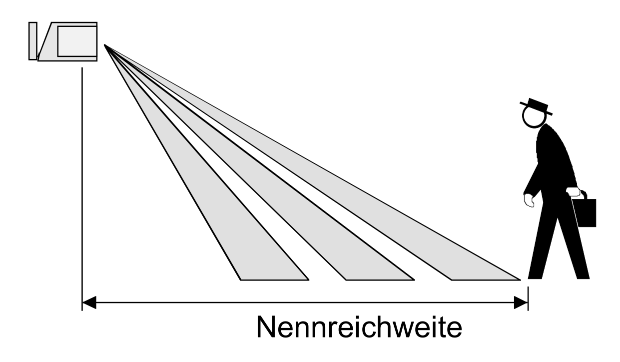


Bild: Grenzreichweite

3.3.1 Montagehöhe, Sensorneigung, Gelände

PIR-Bewegungsmelder „blicken“ vom Montageort schräg nach unten.

Die Nennreichweite gilt für

- die angegebene Montagehöhe (z. B. 2,50 m),
- nicht geneigten Sensorkopf,
- ebenes Gelände, und
- nicht reduzierte Empfindlichkeit (falls einstellbar).

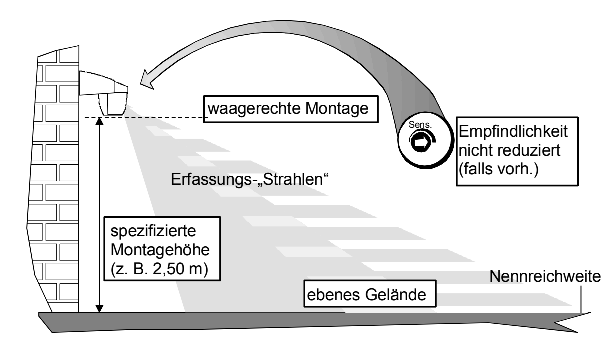


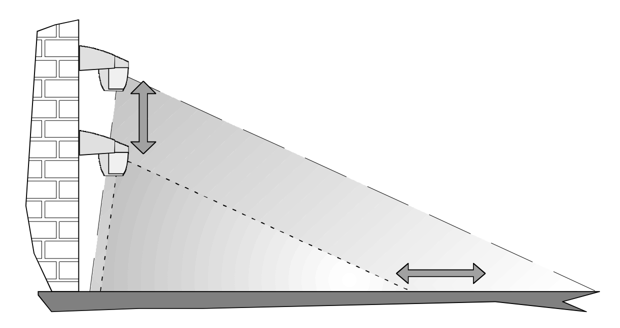
Bild: Nennreichweite von Wächtern

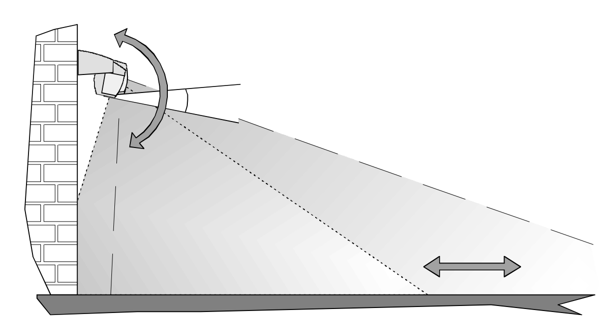
Zusammengefasst beeinflussen die geometrischen Faktoren die Reichweite wie folgt:

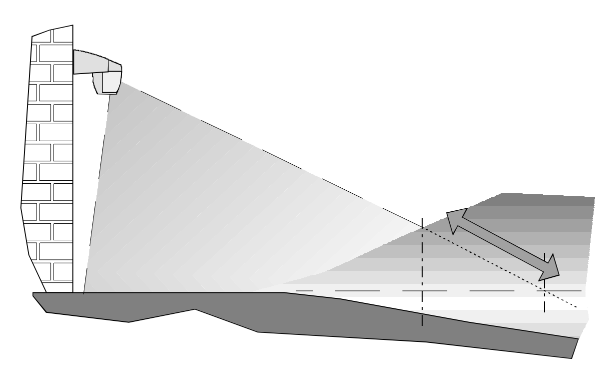
Parameter \ Reichweite		größer	kleiner
Montagehöhe	höher	X	
	tiefer		X
Sensorneigung	nach oben	X	
	nach unten		X
Gelände	fallend	X	
	steigend		X

Tabelle: Reichweite und geometrische Parameter – Zusammenfassung

Bei Vergrößerung der Reichweite ist zu beachten, dass die Strahlungsintensität einer Wärmequelle mit zunehmender Entfernung abnimmt („photometrisches Entfernungsgesetz“). Eine Wärmequelle wird also in zunehmender Entfernung schlechter erkennbar, auch wenn die räumlichen Verhältnisse die Reichweite vergrößern.


Bild: Montagehöhe und Reichweite


Bild: Neigung des Sensorkopfes und Reichweite


Bild: Geländeprofil und Reichweite

3.3.2 Bewegungsrichtung

Eine Bewegung wird am besten erkannt, wenn sie quer (tangential) zum Wächter stattfindet, wenn also möglichst viele Erfassungsstrahlen geschnitten werden. Die Sensoren erzeugen viele Spannungsimpulse, sodass die Bewegung zuverlässig erkannt werden kann.

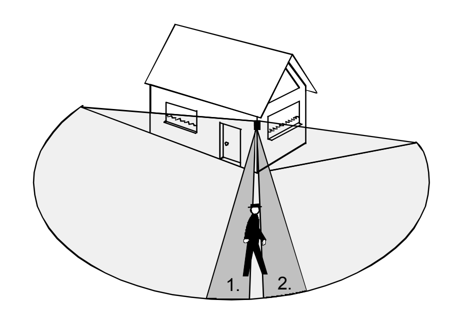


Bild: Optimale Bewegungsrichtung

Im Bild bewegt sich eine Person von Erfassungsstrahl (1) in Richtung Erfassungsstrahl (2). Sowohl beim Verlassen von Strahl (1) als auch beim Eintritt in Strahl (2) findet eine Erfassung statt, die Person wird detektiert.

Im ungünstigsten Fall bewegt sich eine Person innerhalb eines Erfassungsstrahls auf den Wächter zu (radiale Bewegung). In den Sensoren werden nur minimale Spannungsimpulse erzeugt, die nicht in jedem Fall zur Detektion und damit zur Lampeneinschaltung führen.

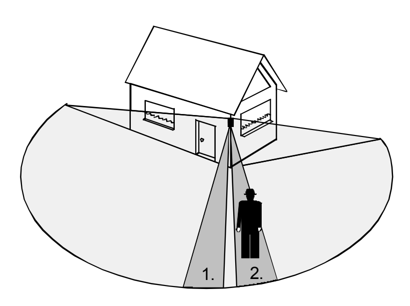


Bild: Ungünstige Bewegungsrichtung

Im Bild bewegt sich eine Person im Erfassungsstrahl (1) auf den Wächter zu. Solche Bewegungen können – auch innerhalb des Erfassungsbereiches – leicht „übersehen" werden, d. h. es ist mit Reichweiteneinbußen und verspäteter Erfassung zu rechnen.

In der Praxis bedeutet dies, dass es in vielen Fällen günstiger ist, den Montageort eines Wächters nicht unmittelbar neben die Haustür, auf die man direkt zu geht, zu plazieren, sondern etwas abseits, damit möglichst viele Erfassungsstrahlen geschnitten werden.

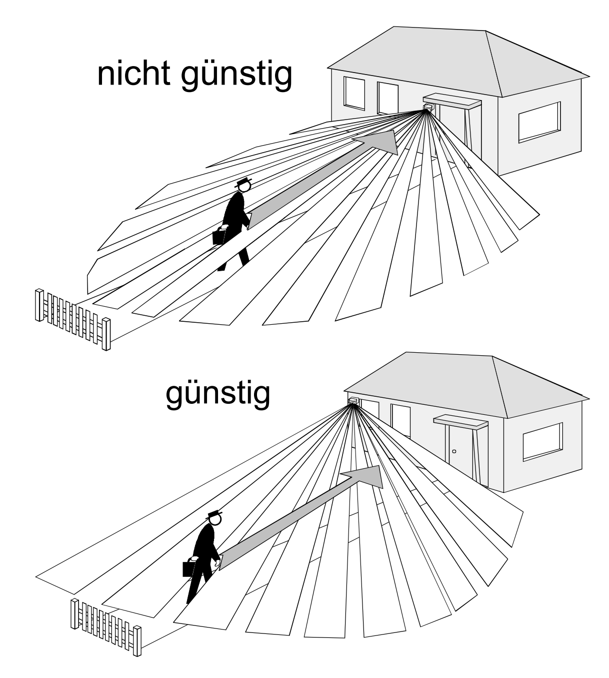


Bild: Montage von Wächtern unter Berücksichtigung der Bewegungsrichtung

Damit Bewegungen auf einem benachbarten Grundstück nicht erkannt werden, können Teile des Erfassungsfeldes entsprechend ausgeblendet werden.

3.3.3 Umwelteinflüsse

Für eine gute Erfassung ist die Temperatur*differenz* zwischen Körper und Umwelt von entscheidender Bedeutung. Ist die Temperaturdifferenz beim Eintritt in das Erfassungsfeld für eine Erfassung nicht ausreichend, muss die Person näher an den Wächter herangehen, um erfasst zu werden. Die Empfindlichkeit sinkt.

Witterung

Da die menschliche Wärmestrahlung durch das Medium Luft zum Sensor übertragen wird, wirken sich Witterungseinflüsse ebenfalls auf die Empfindlichkeit und Reichweite aus.

Nebel, Schnee oder Regen absorbieren nicht nur sichbares Licht, sondern auch Wärmestrahlung. Wärmequellen, die bei gutem Wetter zuverlässig erkannt werden, bringen bei schlechtem Wetter das Licht erst bei weiterer Annäherung zum einschalten. Die Empfindlichkeit sinkt.

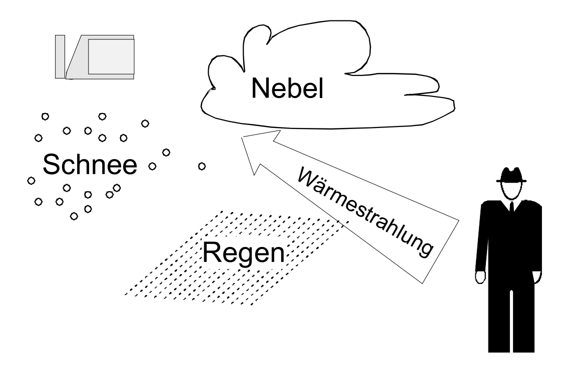


Bild: Strahlungsminderung durch Umwelteinflüsse

Kleidung

An kalten Tagen trägt man wärmeisolierende Winterkleidung. Die vom menschlichen Körper abgestrahlte Wärmemenge ist hierdurch deutlich reduziert. Da die Temperatur der „äußeren Hülle“ nahe an der Umgebungstemperatur ist, ergibt sich auch nur eine geringe Temperaturdifferenz.

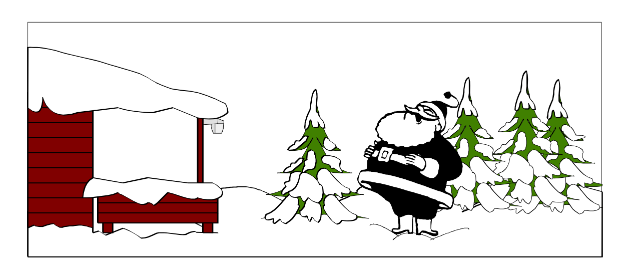


Bild: Geringer Wärmekontrast durch wärmeisolierende Winterkleidung

Der gleiche Effekt ergibt sich in lauen Sommernächten, wenn eine Wand durch einstrahlendes Sonnenlicht am Tage stark erwärmt wurde und die gespeicherte Wärme nachts abstrahlt. Auch hier ist die Temperaturdifferenz zwischen Person und Umgebung entscheidend.

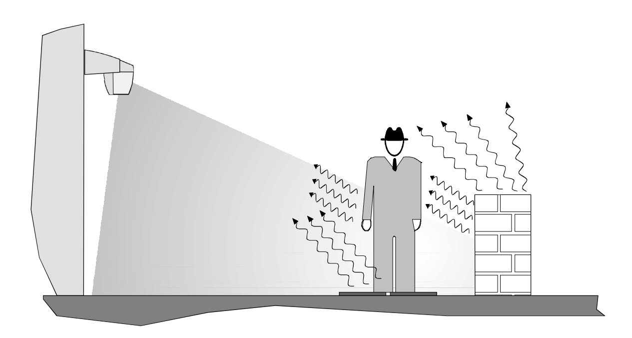


Bild: Geringer Wärmekontrast in warmen Nächten

3.3.4 „Aktive Reichweite“ – Zusammenfassung

Das Bild zeigt ein Beispiel für eine reale Wächteranwendung mit Reichweiteneinbrüchen und Überreichweiten. Durch die Umwelteinflüsse entsteht eine „aktive Reichweite“, die von der Nennreichweite deutlich verschieden sein kann.

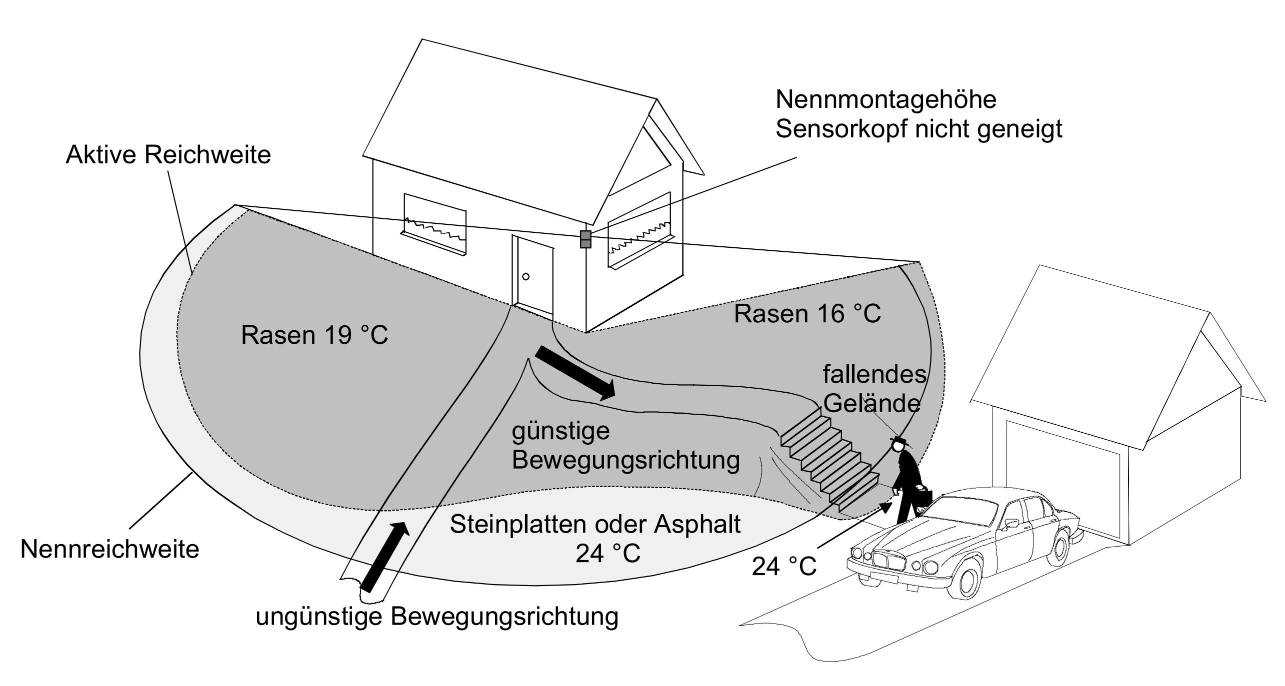


Bild: „Aktive Reichweite“ in einer realen Wächterinstallation

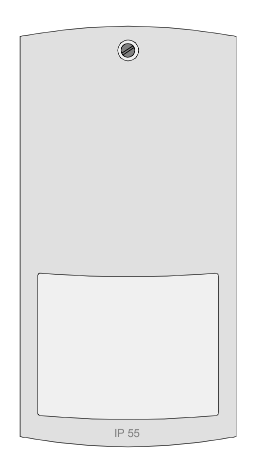
3.4 Kompakt-Wächter

Kompaktwächter bilden eine komplette Einheit, d. h. sämtliche erforderlichen Komponenten sind in einem Gehäuse zusammengefasst. Kompaktgeräte enthalten den Sensorkopf (Sensorik, Linsensystem) und das Leistungsteil (Stromversorgung, Einstellelemente, Leistungsschalter). Der Anschluss an Netz und Last erfolgt in einem gesonderten Klemmraum, sodass die empfindliche Elektronik nicht durch „vagabundierende Leitungen“ beschädigt werden kann. Außerdem sorgt dieses Prinzip auch für den Schutz gegenüber Umgebungseinflüssen. Damit Kompaktwächter für den rauhen Außeneinsatz geeignet sind, entsprechen sie mindestens der Schutzklasse IP54 (staub- und spritzwassergeschützt) und eignen sich sowohl für tiefe als auch für hohe Temperaturen (bis zu -35°C und +55°C).

Nachfolgend aufgeführt sind einige ausgewählte Kompakt-Wächter mit ihren wesentlichen Technischen Daten. Details zu den einzelnen Wächtern sind den Bedienungsanleitungen oder den aktuellen Katalogen zu entnehmen.

3.4.1 Wächter 70

Der Wächter 70 ist eine preiswerte Variante für schmale zu überwachende Bereiche wie z. B. Reihenhäuser. Er ist zur Montage an eine gerade Wand konzipiert.



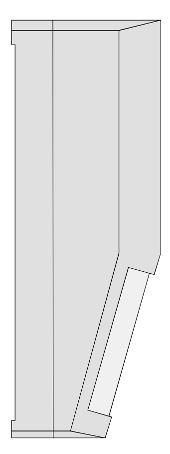


Bild: Wächter 70

Die Reichweite wird bei der Montage in drei Stufen eingestellt. Dies geschieht durch das Verschieben der Sensorik relativ zur Linse, sodass die Erfassungsstrahlen in jeweils anderen Neigungswinkeln auf den Boden treffen.

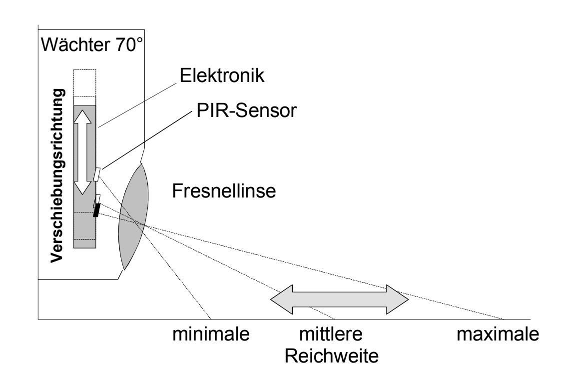


Bild: Reichweitenverstellung beim Wächter 70

Erfassungsfeld

- Form rechteckig
- Größe (max. Einstellung) 8 m x 11 m
- Öffnungswinkel 70°
- Anzahl Ebenen 4
- Anzahl Sektoren 42
- Anzahl Schaltsegmente 168
- Montagehöhe 2,40 m
- Nahbereiche 0,5 ... 4 m
- Mittelbereich 4 ... 6 m
- Fernbereich 6 ... 8 m

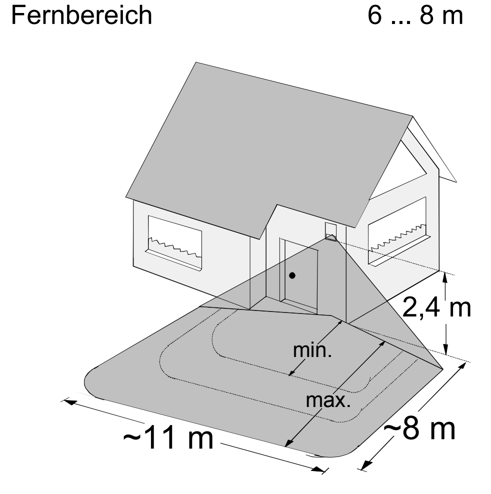


Bild: Wächter 70 – Erfassungsfeld

Das Erfassungsfeld ist in fünf fächerförmige Bereiche ausgebildet, die sich miteinander überlappen.

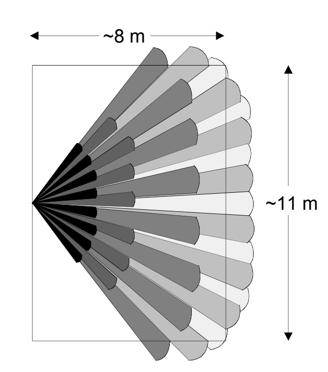


Bild: Erfassungsfeld beim Wächter 70 – Draufsicht



3.4.2 Wächter 110

Der Wächter 110 mit seinem charakteristischen Design hat sich seit langem besonders für ungünstige Standortbedingungen bewährt. Der Sensorkopf kann um drei Achsen gedreht werden, sodass auch die Montage an Seitenwänden oder Dachüberhängen möglich ist.

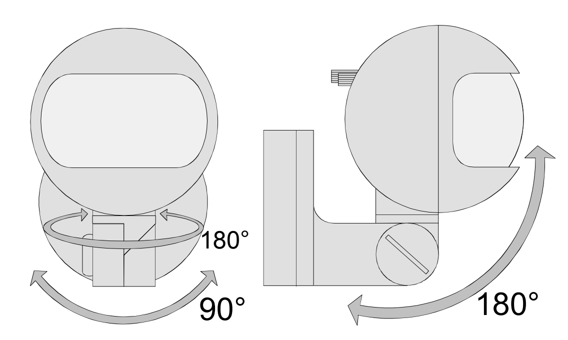


Bild: Wächter 110

Erfassungsfeld

- Form fächerförmig
- Größe ca. 16 m x 25 m
- Öffnungswinkel 110°
- Anzahl Ebenen 3
- Anzahl Sektoren 18
- Anzahl Schaltsegmente 72
- Montagehöhe 2,50 m
- Nahbereich ca. 0,5 ... 1 m
- Mittelbereich
  ca. 1 ... 5 m
- Fernbereich ca. 5 ... 16 m

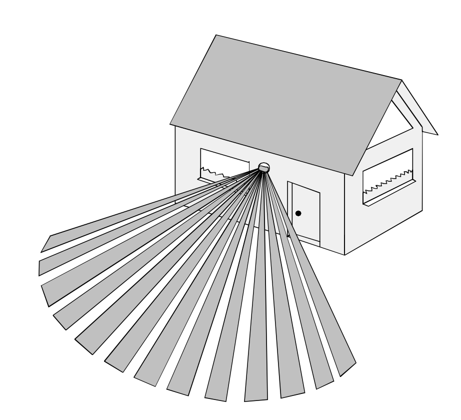
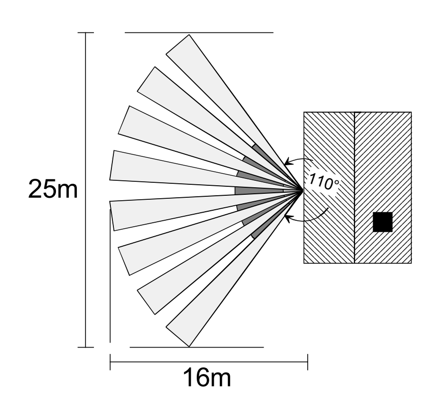


Bild: Wächter 110 – Erfassungsfeld

Das Erfassungsfeld ist in drei Bereiche ausgebildet.



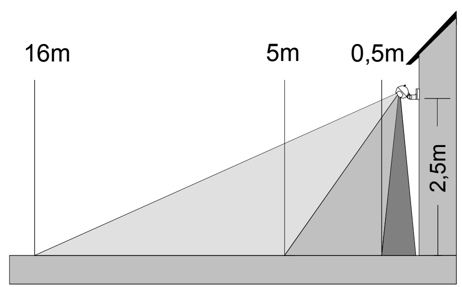


Bild: Erfassungsfeld beim Wächter 110 – Maße

Das Erfassungsfeld kann durch Blenden auf 90°, 60° oder 25° eingeschränkt werden, um Störquellen – z. B. Leuchten – im Erfassungsfeld oder Grundstücksgrenzen auszublenden.

Mit seinem Temperaturbereich eignet sich der Wächter 110 für besonders tiefe Temperaturen (bis –35°C). Die Helligkeitsschwelle kann bis 300 lx (Allgemeinbeleuchtung) eingestellt werden.

3.4.3 Wächter 180/10

Der Wächter 180/10 ist für die Montage an gerader Hauswand konzipiert und als preiswerte Alternative dort einsetzbar, wo eine größere Reichweite nicht benötigt wird.

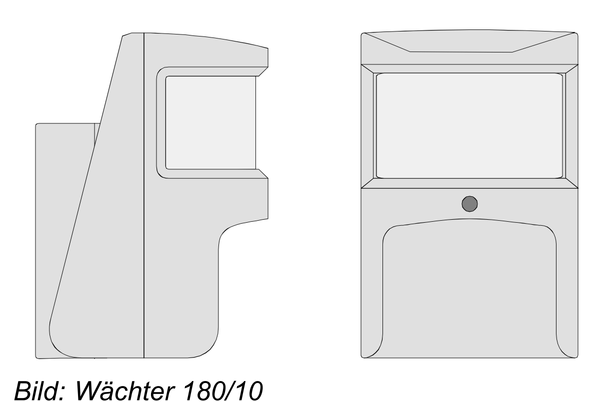


Bild: Wächter 180/10

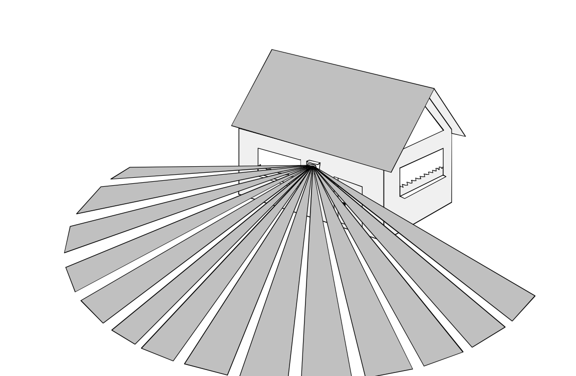


Bild: Wächter 180/10 – Erfassungsfeld

Erfassungsfeld

- Form halbkreisförmig
- Größe ca. 10 m x 20 m
- Öffnungswinkel 180°
- Anzahl Ebenen 3
- Anzahl Sektoren 33
- Anzahl Schaltsegmente 132
- Montagehöhe 2,40 m
- Nahbereich ca. 0,5 ... 3 m
- Mittelbereich ca. 3 ... 6 m
- Fernbereich ca. 6 ... 10 m

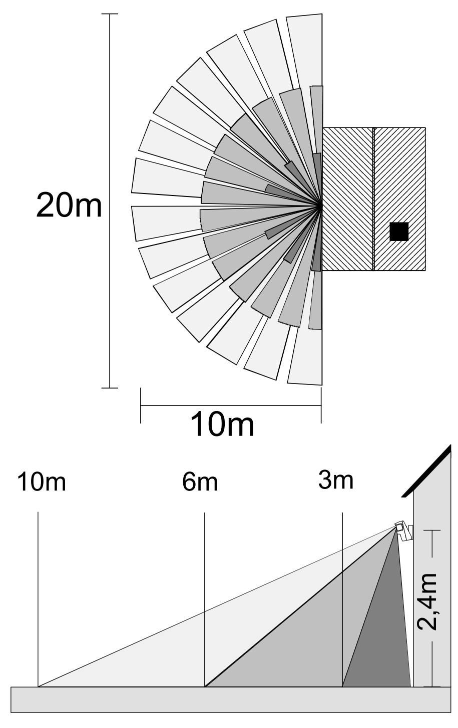


Bild: Erfassungsfeld Wächter 180/10 – Maße

Das Erfassungsfeld kann mit Aufsteckblenden begrenzt werden.

3.4.4 Schaltungen

Im folgenden sind einige Standard-Schaltungen für Wächter dargestellt.

Normale Wächter-Installation

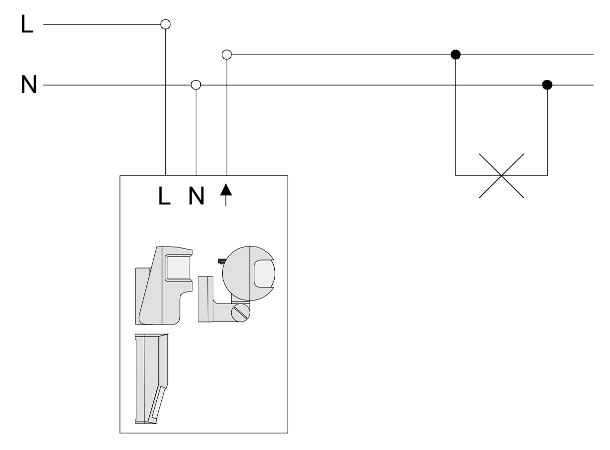


Bild: Einzel-Wächter

Serien- und Kreuzschaltung

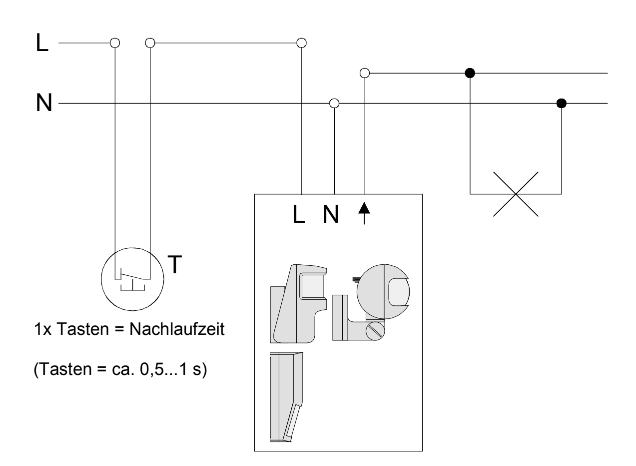


Bild: Öffner-Taster in Zuleitung

Nach manueller Betätigung des Tasters wird die Beleuchtung eingeschaltet und nach Ablauf der Nachlaufzeit wieder ausgeschaltet.

Dies funktioniert auch in „Kreuzschaltung“: Wechsler- und Kreuzschalter werden durch Öffner-Taster ersetzt und in Reihe geschaltet.

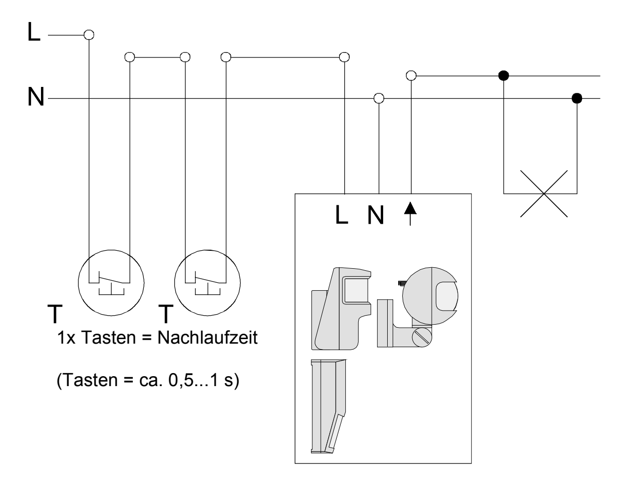


Bild: „Kreuzschaltung“ mit Wächter

Wächter mit Ausschaltung

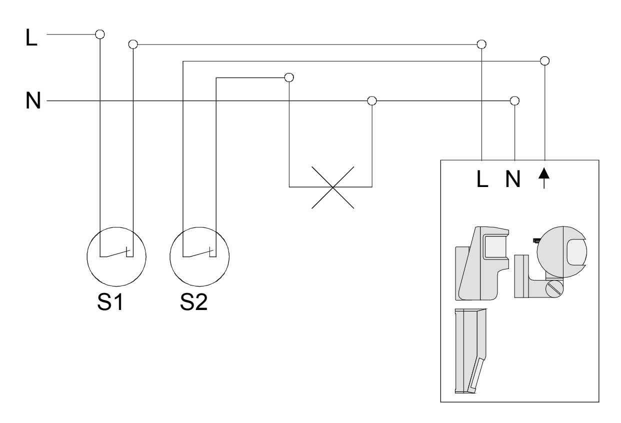


Bild: Wächter mit Ausschaltung

Die Wächterfunktion kann auf zwei Arten ausgeschaltet werden, indem ein Schalter entweder den Wächter vom Netz (S1) oder nur die Lampe vom Wächter (S2) trennt.

S1 löst bei Wiedereinschalten einen Schaltzyklus aus (Nachlaufzeit), S2 nicht.

Wächter mit Hand- und Automatikbetrieb

Mit einem Serienschalter in der Zuleitung kann die Wächterfunktion „übersteuert“ und die Last manuell ein- oder ausgeschaltet werden.

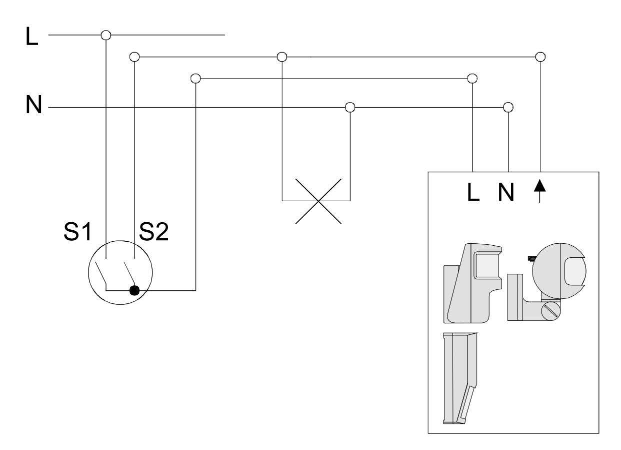


Bild: Automatik- und Handbetrieb

- S1 offen: Alles aus
- S1 geschlossen, S2 offen: Automatikbetrieb
  Wenn S1 geschlossen wird, wird ein Schaltzyklus (Nachlaufzeit) ausgelöst.
- S1 + S2 geschlossen: Dauerlicht

Parallelschaltung

Parallelschalten von Wächtern empfiehlt sich wenn z. B. mehrere Zuwegungen zu einem Ziel führen. Besser für die Überwachung größerer Bereiche eignet sich das Wächter-System, UP-Wächter mit Nebenstellen.

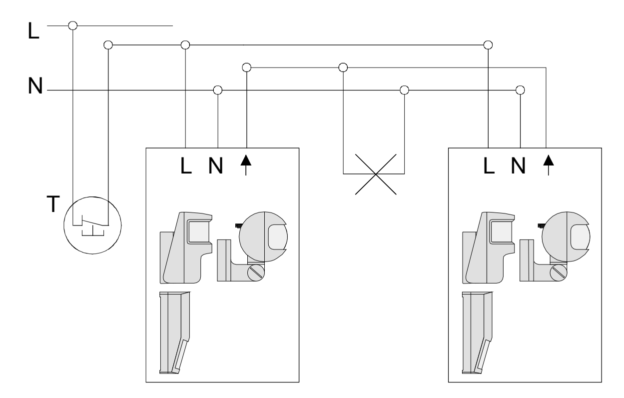


Bild: Parallelschaltung von Wächtern

Die Hinweise bezüglich Parallelschalten sollten beachtet werden.

Wächter und Treppenlichtautomat

Eine klassische Treppenlichtfunktion kann mit einem Wächter erweitert werden, indem man Treppenlichtautomat und Wächter parallel schaltet.

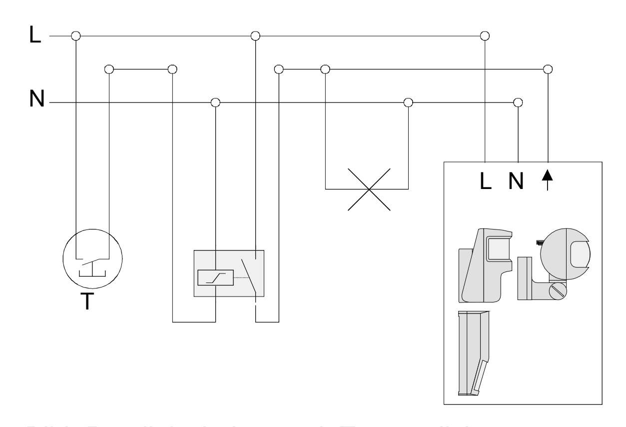


Bild: Parallelschaltung mit Treppenlichtautomat

Wenn eine bestehende Treppenlichtschaltung (3-Leiter- bzw. 4-Leiter-Schaltung) komplett auf Wächter umgerüstet werden soll, können die speziell hierfür konzipierten Geräte aus dem UP-Wächter-Baukasten verwendet werden.

3.5 Wächter-System

Sind größere Flächen zu überwachen und mit einer – gemeinsamen – Lastgruppe zu beleuchten (Höfe, lange Flure etc.), empfiehlt sich das Wächter-System.

Der Unterschied zu den „normalen" Kompaktgeräten liegt im Geräteaufbau. Das Wächter-System besteht aus zwei separaten Komponenten: Sensorik und Leistungsteil sind voneinander getrennt, wobei bis zu acht System-Sensoren an ein Leistungsteil angeschlossen sind, welches eine gemeinsame Last schaltet. Die System-Sensoren dienen zur Detektion der Wärmebewegung; System-Leistungsteile verarbeiten die übertragenen Daten und Schaltbefehle.

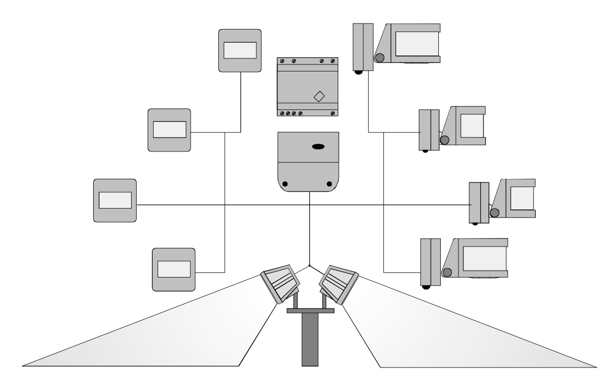


Bild: Systemaufbau

Der Einsatz des Wächter-Systems bietet einige Vorteile:

- Preisvorteil bei Einsatz von mehr als zwei System-Sensoren im Vergleich zu parallelgeschalteten Kompaktgeräten;
- Helligkeitsauswertung über Referenzsensor;
- Versorgung mit Kleinspannung, daher reduzierter Installationsaufwand durch Leitung mit geringem Querschnitt;
- Kombination von wetterfesten Außenwächtern mit Wächtern für den Innenraum (UP) möglich;
- service- und änderungsfreundlich durch gemeinsame Zeit- und Helligkeitsregler;
- kleine, unauffällige System-Sensoren bei hoher Schaltleistung (durch getrenntes Leistungsteil);
- Leistungsteil kann ‚unsichtbar' in der Verteilung untergebracht werden (REG).

3.5.1 Aufbau des Wächtersystems

Zentrum einer Wächter-System-Installation ist das Leistungsteil. Es versorgt die Sensoren, verknüpft das Bewegungssignal mit der gemeldeten Umgebungshelligkeit und schaltet die angeschlossene Last für die vorgewählte Dauer ein. Die Einsteller für die Mindesteinschaltdauer und den Helligkeitsschwellwert sind ebenfalls am Leistungsteil zu finden.

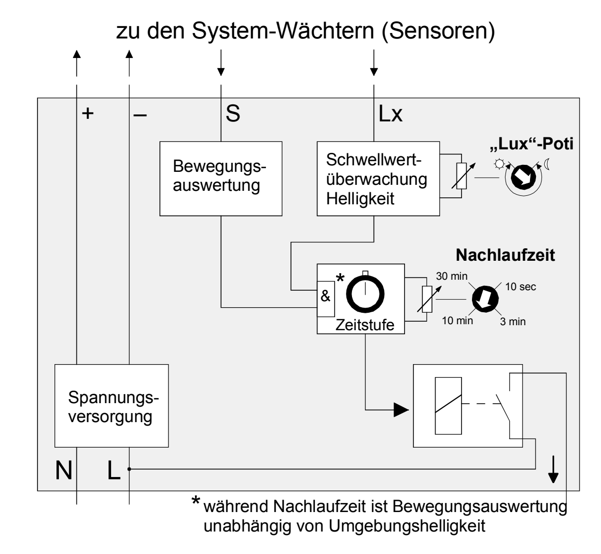


Bild: Leistungsteil – Prinzipdarstellung

Aufgabe der angeschlossenen Sensoren ist es, Bewegungen zu erkennen und sie an das Leistungsteil zu melden. Ein Sensor pro Kanal übermittelt zusätzlich seinen Helligkeitswert. Dies ist zweckmäßigerweise der Sensor, dessen Einbauort am dunkelsten ist.

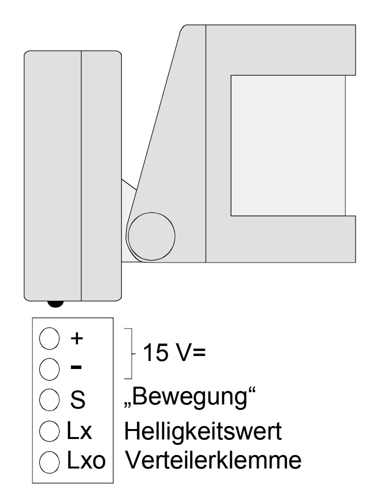


Bild: System-Wächter

Der Installationsaufwand ist gering: Zum Anschluss der System-Sensoren an das System-Leistungsteil wird lediglich eine 4-adrige Leitung mit geringem Querschnitt benötigt. Der Anschluss zwischen Sensoren und Leistungsteil führt Kleinspannung und darf nicht mit der Netzspannung in einer gemeinsamen Leitung geführt werden.

Einkopplungen von Schaltvorgängen auf die Signalleitungen der System-Sensoren (Lx und S) könnten zu Funktionsstörungen bzw. ungewolltem Schalten der Anlage führen. Zur Vermeidung von solchen Einkopplungen ist eine eigene Leitung zu verwenden; es wird die aus der Fernmelde-Installation bekannte Leitung J-Y(St)Y 2x2x0,6 oder J-Y(St)Y 2x2x0,8 empfohlen.

Die Sensoren werden parallel verschaltet, wobei sowohl sternförmige als auch linienförmige Verdrahtung oder deren Mischformen verwendet werden können.

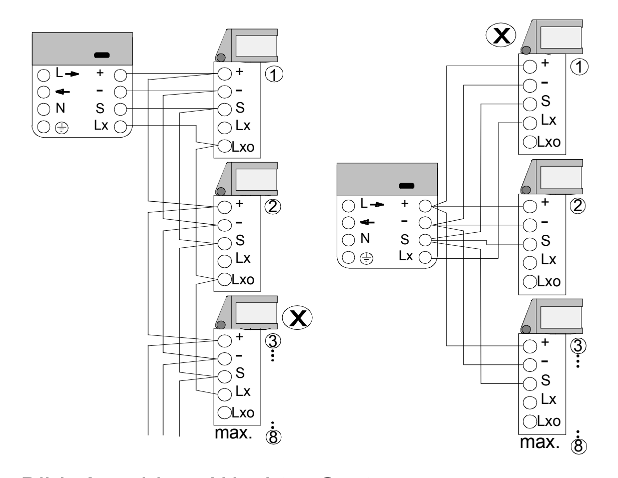


Bild: Anschluss Wächter-System

Zu beachten ist, dass nur bei einem Sensor pro Leistungsteil die Lx-Klemme angeschlossen werden darf (Helligkeitssignal; im Bild mit „x“ gekennzeichnet). So wird die Ansprechhelligkeit für das gesamte System speziell durch diesen Referenz-System-Sensor eingestellt. Der Referenzsensor sollte nicht durch Pflanzen oder Mauervorsprünge abgeschattet werden.

Die Klemme Lxo hat keine Verbindung zur Elektronik des System-Sensors und dient lediglich als Verteilerklemme: Das Helligkeitssignal Lx des Referenzsensors wird über die Klemme Lxo der restlichen System-Sensoren bis zum System-Leistungsteil durchgeschaltet. Hierdurch wird eine einfache und schnelle Installation ermöglicht.

Die System-Wächter werden mit einer Gleichspannung von 15 V betrieben, welche vom System-Leistungsteil bereitgestellt wird (Klemmen ‚+’ und ‚–’).

Die angeschlossenen Sensoren übertragen erfasste Bewegungen über die Klemme „S“ an das Leistungsteil. Die Umgebungshelligkeit wird über die Klemme „Lx“ übertragen (ca. 5,8 V hell bis 8,5 V dunkel). Im Leistungsteil kann mit einem Potentiometer stufenlos der Schwellwert von ca. 3...80 Lux eingestellt werden.

Für einen fehlerfreien Betrieb müssen die Leitungsverluste klein gehalten werden. Der maximale Abstand zwischen Sensoren und Leistungsteil darf 100 m nicht überschreiten. Bei sternförmiger Verdrahtung muss diese maximale Leitungslänge von 100 m zwischen dem System-Leistungsteil und jedem System-Sensor eingehalten werden. Bei 8 System-Sensoren sind dies acht Leitungen mit je 100 m Länge, insgesamt also 800 m.

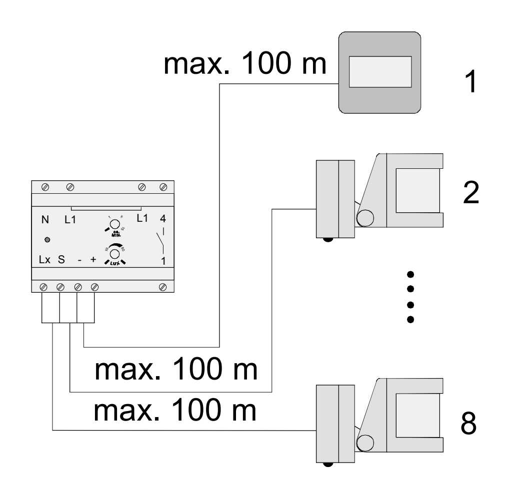


Bild: Sternförmige Verdrahtung

Bei linienförmiger Verdrahtung darf die maximale Leitungslänge zwischen System-Leistungsteil und dem letzten System-Sensor 100 m nicht überschreiten.

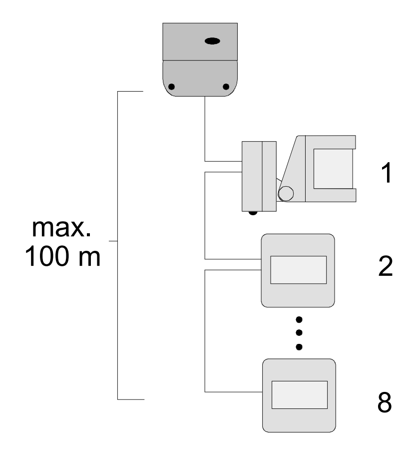


Bild: Linienförmige Verdrahtung

3.5.2 System-Leistungsteile

3.5.2.1 System-Leistungsteil AP

Das einkanalige System-Leistungsteil AP ist für Aufputz-Montage konzipiert. Zweckmäßigerweise empfiehlt sich die Installation in der Nähe der zu schaltenden Lichtquelle, damit die 230-V-Leitungen so kurz wie möglich gehalten werden können.

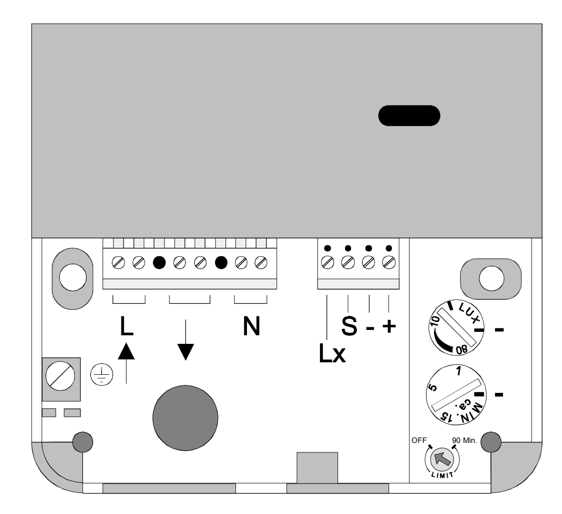


Bild: System-Leistungsteil AP (mit geöffnetem Anschlussraum)

Das System-Leistungsteil AP besitzt als Sonderfunktion eine sogenannte Zwangsabschaltung, die mit dem Einsteller „Limit“ (de-) aktiviert werden kann. Mit der Einstellung „90 Min.“ ist die Einschaltzeit unabhängig von der Umgebungshelligkeit und von erkannten Bewegungen auf max. 90 Minuten begrenzt. Wiedereinschalten erfolgt nur dann, wenn der voreingestellte Helligkeitswert unterschritten ist und Bewegungen erkannt werden.

Diese Zwangsabschaltung ist sinnvoll, wenn z. B. die Beleuchtung morgens vor Dämmerungsbeginn eingeschaltet wird und die weitere Bewegungserfassung unabhängig von der Umgebungshelligkeit erfolgt. Dauern die Bewegungen im Überwachungsbereich an, bliebe die Beleuchtung auch weiterhin eingeschaltet – bis keine Bewegung mehr erkannt wird. Für Arbeitsbereiche, wo aus Sicherheitsgründen die Zwangsabschaltung nicht gewünscht wird (Werkhallen o. ä.), kann diese Funktion abgeschaltet werden.

3.5.2.2 System-Leistungsteil REG 1-Kanal

Das Leistungsteil REG 1-Kanal verfügt über einen potentialfreien Kontakt, sodass die Last auch von einer zweiten Phase aus versorgt werden kann.

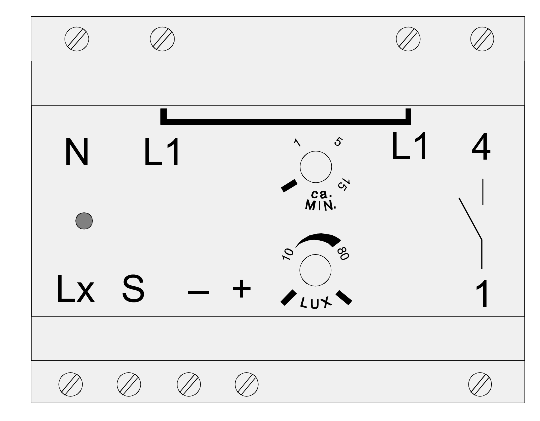


Bild: System-Leistungsteil 1-Kanal REG

Das System-Leistungsteil wird über die Klemmen L1 und N mit dem 230-V-Netz verbunden. Zum Einschalten der Beleuchtung wird der Schließerkontakt zwischen den Klemmen 4 und 1 geschlossen.

Sollen Leistungsteil und Last aus derselben Phase versorgt werden, ist eine isolierte Drahtbrücke zwischen den Klemmen L1 und 4 zu installieren. Aufgrund der hohen Schaltleistung von bis zu 2.500 W sollte der Mindestquerschnitt dieser Drahtbrücke 1,5 mm² betragen. Bei getrennter Versorgung von Leistungsteil und Last entfällt die Drahtbrücke; an Klemme 4 wird dann die Versorgung für die Last angeschlossen.

Der potentialfreie Kontakt kann auch für Kleinspannung benutzt werden. Die Drahtbrücke darf dann nicht installiert sein, der Kontakt wird separat beschaltet.

Auch dieses Gerät zeigt den Schaltzustand des Relaiskontaktes mit einer LED an. Dadurch ist auch in der Verteilung eine schnelle Kontrolle der Wächter-System-Installation möglich.

3.5.2.3 System-Leistungsteil REG 2-Kanal

Das zweikanalige Leistungsteil in REG-Bauform verfügt über zwei unabhängig voneinander arbeitende Relaiskontakte mit separaten Einstellmöglichkeiten für die Nachlaufzeit und die Helligkeitsschwelle.

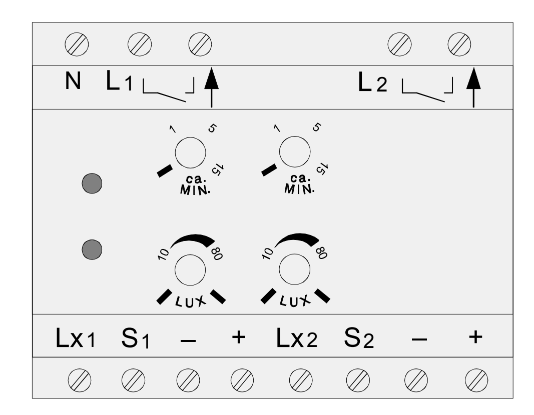


Bild: System-Leistungsteil 2-Kanal REG

Je Kanal können bis zu 8 Sensoren anschlossen werden. Jeder Kanal verfügt über eine LED, mit der das Einschalten der Verbraucher signalisiert wird.

Kanal 1 ist potentialgebunden, d. h. mit der Phase, die das Gerät versorgt, wird auch die an Kanal 1 angeschlossene Last geschaltet.

Kanal 2 besitzt einen potentialfreien Kontakt zum Schalten einer beliebigen Phase. Kleinspannung darf nicht verwendet werden, weil im Gerät aufgrund der kleinen Bauform (2 Kanäle in einem Gehäuse) die Luft- und Kriechstrecken zwischen den beiden Kreisen nicht eingehalten werden können.

3.5.3 System-Sensoren
3.5.3.1 System-Sensor 180/16

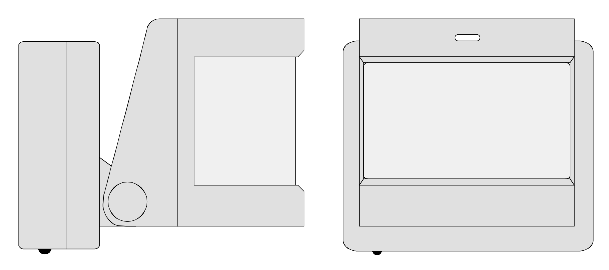


Bild: System-Sensor 180/16

Der System-Sensor 180/16 verfügt über eine LED, die Erfassungsvorgänge anzeigt. Der eigentliche Einschaltvorgang (helligkeitsabhängig) erfolgt durch das System-Leistungsteil.

Erfassungsfeld

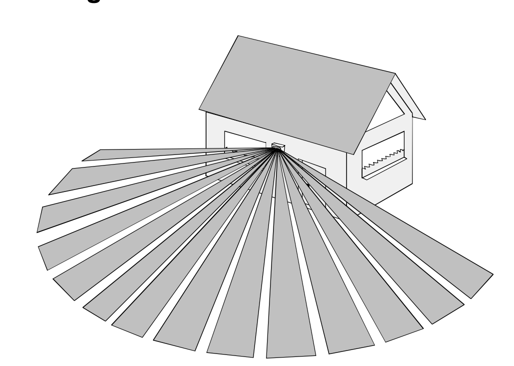
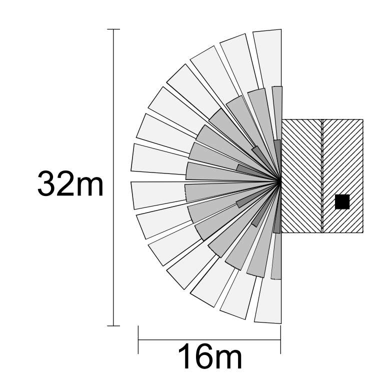


Bild: System-Sensor 180/16 – Erfassungsfeld

- Form halbkreisförmig
- Größe (max. Einstellung) 16 m x 32 m
- Öffnungswinkel 180°
- Anzahl Ebenen 3
- Anzahl Sektoren 36
- Anzahl Schaltsegmente 144
- Montagehöhe 2,40 m
- Nahbereich 0,5 ... 3 m
- Mittelbereich 3 ... 9 m
- Fernbereich 9 ... 16 m



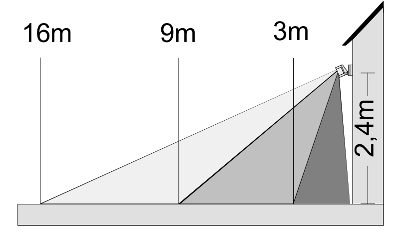


Bild: Erfassungsfeld beim System-Sensor 180/16 – Maße

3.5.3.2 System-Sensor 240

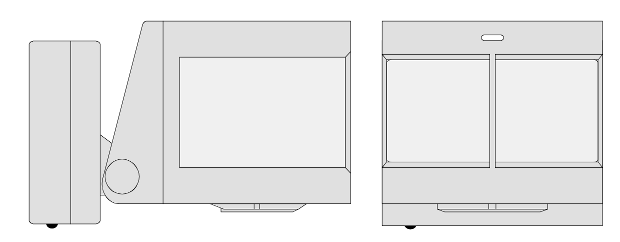


Bild: System-Sensor 240

Der System-Sensor 180/16 verfügt ebenfalls über eine LED, die Erfassungsvorgänge anzeigt. Die Beleuchtung selbst wird helligkeitsabhängig durch das System-Leistungsteil eingeschaltet.

Erfassungsfeld

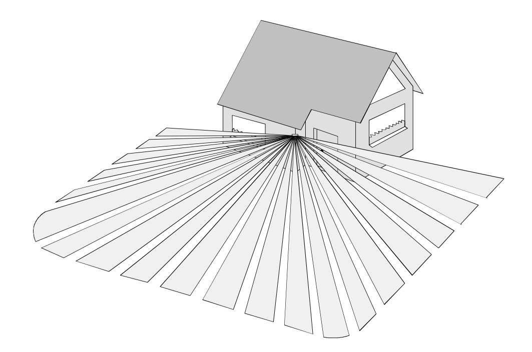
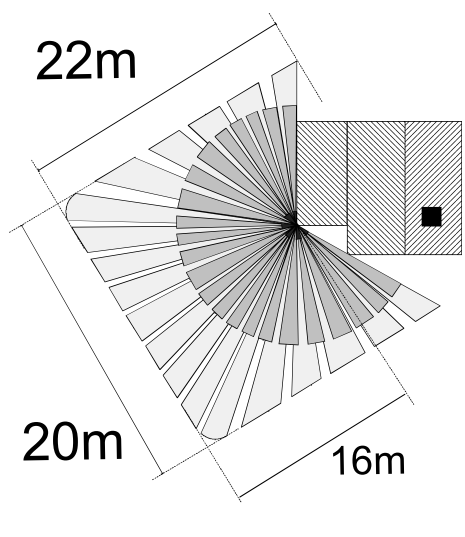


Bild: System-Sensor 240 – Erfassungsfeld

Der System-Sensor 240 „schaut" auch nach hinten und überwacht so auch Gebäudenischen, die z. B. durch Erker oder Garagen entstehen.

- Form rechteckig
- Größe (max. Einstellung) 22 m x 20 m
- Öffnungswinkel 240°
- Anzahl Ebenen 3
- Anzahl Sektoren 42
- Anzahl Schaltsegmente 168
- Montagehöhe 2,40 m
- Nahbereich 0,1 ... 1 m
- Mittelbereich 1 ... 9 m
- Fernbereich 9 ... 16 m



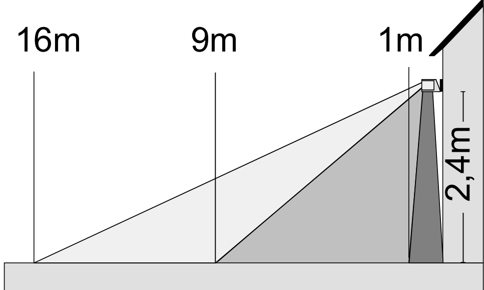


Bild: Erfassungsfeld beim System-Sensor 240 – Maße

Mit einer Zusatzoptik im Sensor-Boden überwacht der System-Sensor 240 auch die Fläche unmittelbar unter der Einbauposition, sodass auch ein Unterkriechen des Wächters sicher erkannt wird.

3.5.3.3 System-Sensor 180 UP

Im Innenbereich werden im Vergleich zu Außenanwendungen geringere Geräteanforderungen gestellt (vor allem Temperaturbereich und Schutzart). Aufputz-Wächter werden mitunter auch als störend empfunden. Hier ist das Einsatzgebiet für Unterputz- (UP-) Wächter – vor allem, wenn konventionelle Lichtschalter nachgerüstet werden.

Der System-Sensor 180 UP wird im Rahmen des Wächter 180 UP Baukastens aus zwei Komponenten zusammengefügt: Dem System-Einsatz und dem System-Aufsatz.

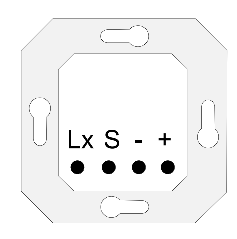


Bild: System-Einsatz

Der System-Einsatz UP wird genauso angeschlossen wie die System-Sensoren für den Außenbereich; die (Verteiler-) Klemme Lxo entfällt aus räumlichen Gründen. Das Durchschleifen ist aber in der Unterputz-Dose problemlos möglich.

Nähere Details sind im Kapitel „Automatik-Schalter – UP-Baukasten“ erläutert.

3.5.4 Inbetriebnahme eines Wächter-Systems

Bei der Inbetriebnahme einer Wächter-System-Anlage empfiehlt sich – wie generell bei der Inbetriebnahme von PIR-Wächtern – die Einstellung auf minimale Zeit und maximale Helligkeit (Tagbetrieb).

Zweckmäßigerweise werden die erforderlichen Sensoren nacheinander angeschlossen und durch einen Gehtest auf Funktion und Einstellung überprüft. Die Sensoren zeigen mit einer LED im unteren Teil des Gehäuses eine Erfassung durch Blinken an. Damit ist ein Gehtest sogar ohne angeschlossene Verbraucher möglich.

Die in den System-Leistungsteilen integrierte Kontroll-LED zeigt zudem noch lastunabhängig den Schaltzustand des Relaiskontaktes an. Die zu schaltende Leuchte kann sich somit auch außerhalb des Sichtbereichs des Anwenders befinden oder auch noch gar nicht montiert sein – eine Funktionsprüfung ist trotzdem möglich.

Wenn die System-Wächter noch nicht installiert sind, können Leistungsteil und Verkabelung getestet werden, indem am Einbauort der Wächter die Leitungen ‚S' und ‚–' gebrückt werden. Damit wird ein Erfassungsvorgang simuliert und das Leistungsteil schaltet den Relaiskontakt ein.

Sind alle angeschlossenen Sensoren entsprechend der zu überwachenden Fläche montiert und ausgerichtet, werden die Einsteller auf die gewünschten Werte für Zeit und Helligkeit eingestellt. Damit ist das System betriebsbereit.

3.6 UP-Wächter

UP-Wächter – bzw. Automatik-Schalter – sind Unterputz-Bewegungsmelder für den Innenbereich. Die Anforderungen für den Innenbereich sind etwas modifiziert:

- Soll gegen UP-Schalter getauscht werden können → 2-Draht-Installation;
- auch NV- oder TRONIC-Lasten sollen geschaltet werden;
- gemäßigte Umgebungsbedingungen: Schutzart IP20 (berührungssicher, nicht wassergeschützt) genügt, üblicherweise herrscht Zimmertemperatur;
- Nachrüstung von Treppenlichtschaltungen in 3- bzw. 4-Leiter-Technik möglich;
- Nebenstellenbetrieb (mehrere Schaltstellen) möglich.

Resultat dieser Forderungen war die Entwicklung eines „Baukastensystems" – verschiedene Einsätze für verschiedene Lastarten, und diverse Bedienaufsätze, die mit einer 4-poligen Schnittstelle verbunden sind. Dieses Konzept wurde auch für andere Bereiche angewandt (z. B. Instabus EIB); die Entwicklung eines einheitlichen Baukastensystems war lange Zeit jedoch nicht möglich. Dieser Schritt wurde erst – als der Stand der Technik es erlaubte – mit dem „System 2000" vollzogen und ist noch nicht abgeschlossen.

Die hier beschriebenen Geräte und Komponenten – namentlich Triac, Tronic-, Relais- und Nebenstellen-Einsatz sowie Standard- und Komfort-Aufsatz – werden im „System 2000" abgelöst. Beide Systeme sind nicht miteinander kompatibel und können nicht untereinander kombiniert werden. Impuls- und System-Einsatz sowie System-Aufsatz werden zur Zeit weiterhin produziert.

In diesem Kapitel wird der komplette UP-PIR-Baukasten beschrieben. Die Geräte des neuen Baukastens „System 2000" sind im gleichnamigen Kapitel ausführlich beschrieben.

3.6.1 Wächter 180 UP-Baukasten

Dieser Wächter-Baukasten bietet für verschiedene Lastarten die folgenden Leistungseinsätze:

- Triac-Einsatz: Schalteinsatz für 2-Draht-Installation, ausschließlich für ohmsche Lasten;
- NV-Einsatz: Schalteinsatz für 2-Draht-Installation, für ohmsche und induktive Lasten;
- TRONIC-Einsatz: Schalteinsatz für 2-Draht-Installation, ohmsche bzw. kapazitive Lasten;
- Relais-Einsatz: Schalteinsatz mit Relais-Kontakt, trennt den Lastkreis galvanisch, Lasten bis 1000 W, benötigt N-Leiter;
- Nebenstellen-Einsatz: Kombiniert mit einem System-Aufsatz, dient er als aktive Nebenstelle für den Relais-Einsatz; als Einzelgerät nicht nutzbar.
- Impuls-Einsatz: Steuert den REG-Treppenlicht-Automaten an.
- System-Einsatz: Kann UP-Wächter in eine Wächter-System-Anlage einbinden und ein System-Leistungsteil ansteuern.

Grundlagen zur Technik der einzelnen Einsätze finden sich zu Beginn des Kapitels „Dimmer, Schalter, Taster".

Die Einsätze werden mit den folgenden Wächter-Aufsätzen kombiniert:

- Standard-Aufsatz: Wächter-Aufsatz mit fester Nachlaufzeit und Helligkeitsschwelle;
- Komfort-Aufsatz: Helligkeitsschwelle, Nachlaufzeit und Empfindlichkeit einstellbar, Schiebeschalter für manuelle Bedienung;
- System-Aufsatz: Zur Kombination mit Nebenstellen-, Impuls- und System-Einsatz.

Die Komponenten stehen auch als wassergeschützte Variante (IP44) für Feuchtbereiche, z. B. Waschräume, zur Verfügung. Jeder Aufsatz ist in zwei Varianten mit unterschiedlichen Erfassungsfeldern verfügbar (für Montage in 1,10 m und 2,20 m Höhe).

Ein- und Aufsätze sind mit farbigen Punkten markiert. Kombinierbar sind jeweils nur Geräte mit gleicher Farbmarkierung. Werden Geräte falsch kombiniert, treten charakteristische Probleme auf (siehe Tabelle). Bei falschen Kombinationen werden Ein- und Aufsatz nicht geschädigt.

In der Tabelle sind die Kombinationsmöglichkeiten der unterschiedlichen Komponenten des Wächter 180 Up Baukastens aufgezeigt.

Einsätze / Aufsätze		Standard-Aufsatz Kennzeichnung: roter Punkt	Komfort-Aufsatz Kennzeichnung: roter Punkt	System-Aufsatz Kennzeichnung: blauer Punkt	Kein Aufsatz gesteckt
Triac-Einsatz Kennzeichnung: roter Punkt	anschließbare Lasten:	✓ Standardgerät mit Werkseinstellung	✓ Komfortgerät mit individuellen Einstellmöglichkeiten	Falsche Kombination! Problem: Last schaltet nicht ein	Gerät unvollständig! Last ist eingeschaltet
NV-Einsatz Kennzeichnung: roter Punkt	anschließbare Lasten:	✓ Standardgerät mit Werkseinstellung	✓ Komfortgerät mit individuellen Einstellmöglichkeiten	Falsche Kombination! Problem: Last schaltet nicht ein	Gerät unvollständig! Last ist eingeschaltet
TRONIC-Einsatz Kennzeichnung: roter Punkt	anschließbare Lasten:	✓ Standardgerät mit Werkseinstellung	✓ Komfortgerät mit individuellen Einstellmöglichkeiten	Falsche Kombination! Problem: Last schaltet nicht ein	Gerät unvollständig! Last ist eingeschaltet
Einsatz mit Relaiskontakt Kennzeichnung: roter Punkt	anschließbare Lasten:	✓ Standardgerät mit Werkseinstellungen und Nebenstelleneingang	✓ Individuelle Einstell-möglichkeiten und Nebenstelleneingang	Falsche Kombination! Problem: Last bleibt dauernd eingeschaltet	Gerät unvollständig! Last ist eingeschaltet
Nebenstellen-Einsatz Kennzeichnung: blauer Punkt	anschließbare Lasten: Einsatz mit Relaiskontakt	Falsche Kombination! Problem: Nebenstelle gibt kein Signal an Hauptstelle	Falsche Kombination! Problem: Nebenstelle gibt kein Signal an Hauptstelle	✓ Aktive Nebenstelle zur Ansteuerung des Relaiseinsatzes	Gerät unvollständig! Nebenstelle gibt kein Signal an Hauptstelle
Impuls-Einsatz Kennzeichnung: blauer Punkt	anschließbare Lasten: REG-Automat	Falsche Kombination! Problem: Impuls-Einsatz gibt kein Signal an REG-Automat	Falsche Kombination! Problem: Impuls-Einsatz gibt kein Signal an REG-Automat	✓ Treppenlichtschalter zur Kombination mit REG-Automat	Gerät unvollständig! Impuls-Einsatz gibt kein Signal an REG-Automat
System-Einsatz Kennzeichnung: blauer Punkt	anschließbare Lasten: System-LT	Falsche Kombination! Problem: Aufsatz gibt kein Signal an System-Leistungsteil	Falsche Kombination! Problem: Aufsatz gibt kein Signal an System-Leistungsteil	✓ System-Sensor für den Betrieb im Wächter-System	Gerät unvollständig! System-Einsatz gibt kein Signal an System-Leistungsteil

Tabelle: Kombinationsmöglichkeiten Ein- und Aufsätze

3.6.2 Erfassungsfelder

UP-Wächter können überall dort eingesetzt werden, wo bedarfs- und bewegungsabhängig Verbraucher eingeschaltet werden sollen. In der Mehrzahl der Fälle betrifft dies die Beleuchtung eines Innenraumes.

Um für die verschiedenen Anwendungsfälle im Innenbereich eine entsprechende Lösung anzubieten, existieren zwei unterschiedliche Erfassungsfelder für jeden Up-Wächter.

Herzstück jedes Aufsatzes ist ein Doppelsensor, ein PIR-Sensor mit zwei ‚Fenstern'. Die einfallende IR-Strahlung fällt zum einen Teil direkt auf die Sensorik, der andere Teil wird über ein Spiegelsystem auf die Sensorik reflektiert. Für die unterschiedlichen Versionen von Erfassungsfeldern werden lediglich andere Fresnellinsen vor die Sensorik montiert. Damit werden aus anderen Richtungen einfallende IR-Strahlen auf das Spiegelsystem geleitet. Details zur Optik der Aufsätze sind im Kapitel „System 2000" dargestellt.

3.6.2.1 Erfassungsfeld für Montage 1,10 m

Da in bereits bestehenden Anlagen die Lichtschalter in der Regel in einer Höhe von ca. 1,10 m installiert sind, muss bei einer Nachrüstung mit UP-Wächtern das Erfassungsfeld des Wächters darauf abgestimmt sein.

Personen sollen sicher erkannt werden, Haustiere in der Regel nicht. Mögliche Störeinflüsse sollen von vorne herein so gering wie möglich gehalten werden.

Deshalb ist das Erfassungsfeld in zwei Fächer – nach oben bzw. nach unten ausgerichtet –ausgebildet, die jeweils unter einem Winkel von ca. 5° aus der Horizontalen ausgerichtet sind.

Bei einer Montagehöhe von 1,10 m ergibt sich ein Erfassungsfeld von 10 m x 12 m.

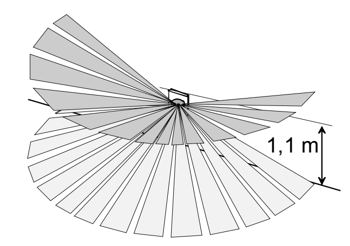


Bild: Erfassungsfeld für Montagehöhe 1,10 m

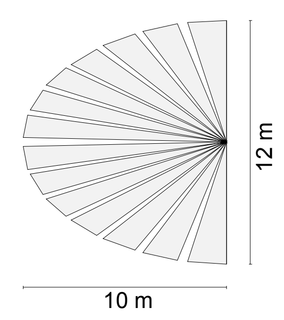


Bild: Erfassungsebenen – Montagehöhe 1,10 m

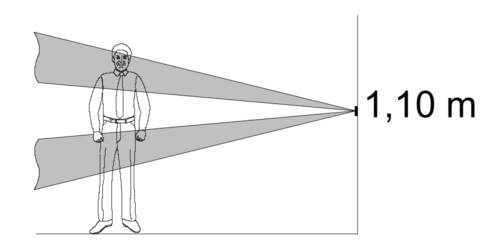


Bild: Erfassungsfeld für Montagehöhe 1,10 m – Schnitt

Durch den oberen Erfassungsfächer wird es möglich, mit einem Wächter komplette Raumbereiche zu überwachen. Bei einer Montagehöhe von 1,10 m (Normhöhe für Up-Schalterdosen) wäre bei einem alleinigen Fächer nach unten eine Erfassung z. B. im Gesichtsbereich (warme Körperstellen) erschwert und damit eine sichere Detektion nicht in allen Fällen gewährleistet.

3.6.2.2 Erfassungsfeld Montage 2,20 m

In öffentlichen Gebäuden und in gewerblichen Anlagen werden Wächter häufig auch über Zugangs- oder Eingangstüren an der Wand montiert.

Die Montagehöhe weicht damit deutlich von der eines normalen Lichtschalters ab. Um auch hier eine Erfassung zu gewährleisten, ist das Erfassungsfeld ähnlich wie bei den Wächtern für den Außeneinsatz realisiert: Bei einer Montage in 2,20 m Höhe wird ein Feld mit einer Tiefe und einer Breite von 12 m in 2 Zonen überwacht. Die Nahzone reicht bis ca. 4,50 m.

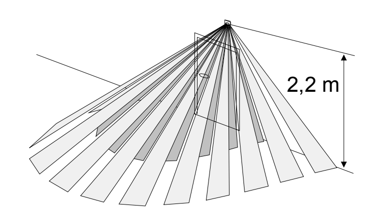


Bild: Erfassungsfeld für Montagehöhe 2,20 m

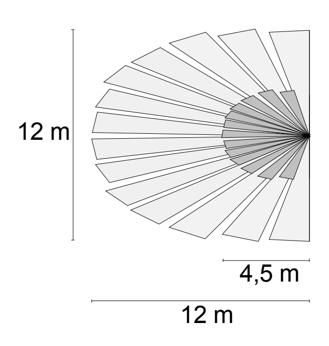


Bild: Draufsicht Erfassungsebenen für Montagehöhe 2,20 m

Anders als bei der zuvor beschriebenen Version existiert hier kein Erfassungsfächer nach oben. So können auch andere Montagehöhen gewählt werden; auch die Anwendung im Außenbereich ist möglich, da damit die Gefahr der Zerstörung des PIR-Sensors durch die Energie direkt einfallender Sonnenstrahlung vermieden wird.

Das Erfassungsfeld und die Reichweite ändert sich in Abhängigkeit von der Montagehöhe. In 1,10 m Höhe ist das Erfassungsfeld rechnerisch nur noch halb so groß. Durch Reflexionen – gerade in hellen Fluren – sind auch Überreichweiten möglich.

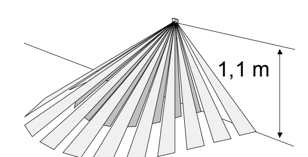


Bild: Erfassungsfeld der 2,20-m-Linse bei Montagehöhe 1,10 m

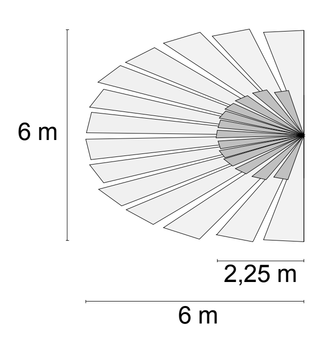


Bild: Draufsicht Erfassungsebenen der 2,20-m-Linse bei Montagehöhe 1,10 m

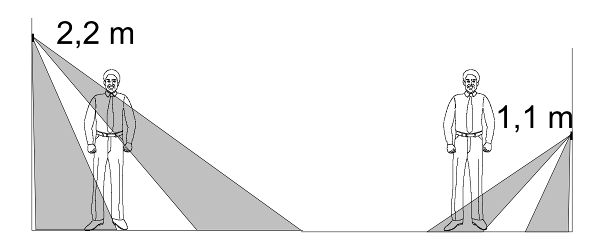


Bild: Schnitt Erfassungsfeld der 2,20-m-Linse bei unterschiedlichen Montagehöhen

3.6.3 UP-Einsätze

3.6.3.1 Einsatz mit Triac

Der UP-Einsatz mit Triac ist ein Zwei-Draht-Gerät und anstelle eines herkömmlichen Universal Aus-/Wechsel- oder Kreuzschalters einsetzbar, auch wenn kein Neutralleiter vorhanden ist.

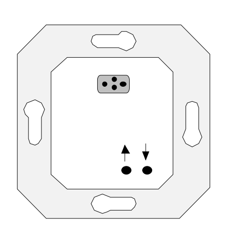


Bild: Triac-Einsatz

In vorhandenen Wechsel- oder Kreuzschaltungen kann der Triac-Einsatz an beliebiger Stelle installiert werden. Die restlichen Schalter werden durch Öffner ersetzt, die bei Betätigung den Stromkreis unterbrechen und damit für ein manuelles Einschalten der Last sorgen. Die Anzahl der im Stromkreis liegenden Öffner ist nicht begrenzt.

Das Gerät ist für ohmsche Lasten (Glühlampen bis 400 W und HV-Halogen-Lampen bis 200 W) bei einer Mindestlast von 40 W geeignet.

Um mehrere Schaltstellen einer vorhandenen Kreuzschaltung durch UP-Wächter mit Triac-Einsatz zu ersetzen, können die Geräte – aus elektrischer Sicht – parallel geschaltet werden. Da alle drei Wächter gleichzeitig durchgeschaltet sein können, ist je Triac-Einsatz eine Mindestlast von 40 W erforderlich, d. h. die Mindestlast für drei Wächter beträgt 120 W. Die maximale Anschlussleistung erhöht sich jedoch nicht. Durch Parallelschalten besteht jedoch die Gefahr von „Lichtschaukeln“; die Nebenstellentechnik des „System 2000“ bietet hier eindeutig die bessere (und preiswertere) Lösung (oder: Relais-Einsatz verwenden).

Die maximal erreichbare Helligkeit eines Triacschalters ist im Vergleich zur Schaltung mit einem mechanischen Schalter etwas geringer. So wird beim Triac-Einsatz, aufgrund eines notwendigen Restphasenanschnitts von ca. 2 ms, ein Wert von ca. 92 % Helligkeit gegenüber einem mechanischen Schalter erreicht.

3.6.3.2 NV-Einsatz

Der NV-Einsatz unterscheidet sich vom Triac-Einsatz durch die Ansteuerung des Halbleiter-Schalters: Die Induktivität eines gewickelten Trafos verzögert nämlich den Stromfluss, sodass nach einem einfachen Zündimpuls nicht sofort ein tragfähiger Laststrom fließt. Damit der Triac nicht wieder verlöscht, muss der Zündimpuls verlängert werden.

Der NV-Schalteinsatz kann die folgenden Lasten schalten:

- Glühlampen 40 ... 400 W
- HV-Halogen-Glühlampen 40 ... 400 W
- NV-Halogen-Glühlampen 40 ... 400 VA mit konventionellem gewickelten Trafo (Mindestauslastung des Trafos 85%)

sowie Mischlasten hiervon. Für Anschlusstechnik, Installation und Mindestlast gelten die gleichen Angaben wie für den Triac-Einsatz.

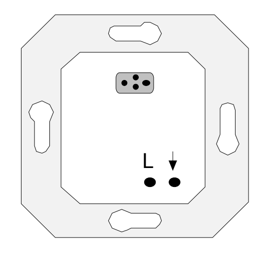


Bild: NV-Einsatz

3.6.3.3 TRONIC-Einsatz

Der TRONIC-Schalteinsatz kann die folgenden Lasten schalten:

- Glühlampen 40 ... 400 W
- HV-Halogen-Glühlampen 40 ... 400 W
- NV-Halogen-Glühlampen 40 ... 400 VA mit TRONIC-Trafo

sowie Mischlasten hiervon.

Im Gegensatz zum NV-Einsatz arbeitet der TRONIC-Einsatz im Phasenabschnitt-Prinzip.

Für Anschlusstechnik, Installation und Mindestlast gelten die gleichen Angaben wie für Triac- und NV-Einsatz.

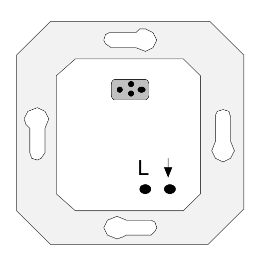


Bild: TRONIC-Einsatz

3.6.3.4 Relais-Einsatz

Sollen größere Lasten geschaltet und Nebenstellen angeschlossen werden, ist der UP-Einsatz mit Relaiskontakt in der Lage, diese Anforderungen zu erfüllen. Das Gerät wird mit 3-Leitern angeschlossen (Neutralleiter erforderlich) und verfügt über einen Nebenstelleneingang ‚1', an dem neben konventionellen Tastern (Schließer) auch aktive Nebenstellen angeschlossen werden können.

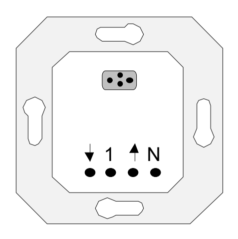


Bild: Einsatz mit Relaiskontakt

Auch der Relais-Einsatz kann anstelle von Aus- und Wechselschaltern eingesetzt werden, sofern der Neutralleiter in der UP-Dose vorhanden ist. Eine Parallelschaltung mehrerer Einsätze ist möglich, jedoch nicht sinnvoll, da mit aktiven Nebenstellen die gewünschte Funktionalität komfortabler, sicherer (Lichtschaukel!) und zudem preiswerter erreicht wird.

Da ein Relaiskontakt als Leistungsschalter verwendet wird, steht den Verbrauchern die volle Spannung zur Verfügung. Als Lasten können neben Glüh- und HV-Halogenlampen (bis 1000 W), konventionellen und TRONIC-Transformatoren (bis 750 VA) auch Leuchtstofflampen angeschlossen werden. Bei letzteren sind die Einschaltströme zu beachten; ggf. muss ein Einschaltstrombegrenzer oder Schütz verwendet werden.

3.6.3.5 Nebenstellen-Einsatz

Der Nebenstellen-Einsatz ist für die aktive Ansteuerung des Relais-Einsatzes entwickelt worden, als Einzelgerät ist er nicht nutzbar.

Der Anschluss erfolgt über Neutralleiter und die gleiche Phase, mit der auch der Relais-Einsatz versorgt wird. Der Signalimpuls wird über die Verbindung der Nebenstellenklemme ‚1' an die Hauptstelle weitergeleitet. Es können beliebig viele aktive Nebenstellen parallel geschaltet werden.

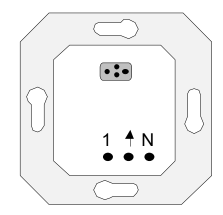


Bild: Nebenstellen-Einsatz

3.6.3.6 Impuls-Einsatz und Treppenlicht-Automat

Mit den bisher beschriebenen Einsätzen und zugehörigen Aufsätzen lässt sich natürlich auch Licht in Treppenhäusern schalten. Es ergibt sich dabei jedoch ein Problem, wenn die klassische 3-Leiter- oder 4-Leiter-Treppenhausschaltung mit UP-Wächtern nachgerüstet werden soll, da

- die manuellen Bedienstellen grundsätzlich 2-polig, der Einsatz mit Relaiskontakt und der Nebenstelleneinsatz, die für den Nebenstellenbetrieb ausgelegt sind, jedoch 3-polig anzuschließen sind, und
- der 2-polig anzuschließende Einsatz mit Triac für Parallelschaltung nur eingeschränkt verwendet werden kann.

Ein einfacher Ersatz der manuellen Bedienstellen durch Wächter-Technik war darum nicht möglich, bis der speziell für diese Anwendung konzipierte, 2-polig anzuschließende Impuls-Einsatz entwikkelt wurde. Er meldet Bewegungen an einen in der Unterverteilung installierten Treppenlichtautomat, der wiederum das Treppenlicht schaltet.

Da Standard-Treppenlicht-Automaten nach einer Aktivierung ihre Steuereingänge hochohmig schalten, die Wächter 180 UP Impuls-Einsätze sich aber gerade über diese mit Energie versorgen müssen, sind Standard-Treppenlicht-Automaten für eine Kombination mit den Impuls-Einsätzen nicht geeignet. Aus diesem Grund wird für die Impuls-Einsätze ein spezieller REG-Treppenlicht-Automat angeboten, der in seiner Technik optimal auf den Betrieb mit den Impuls-Einsätzen abgestimmt ist.

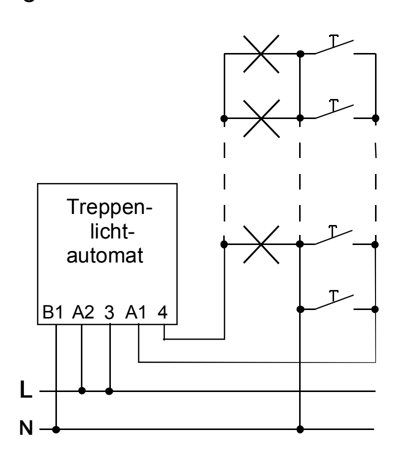


Bild: 3-Leiter-Treppenhausschaltung

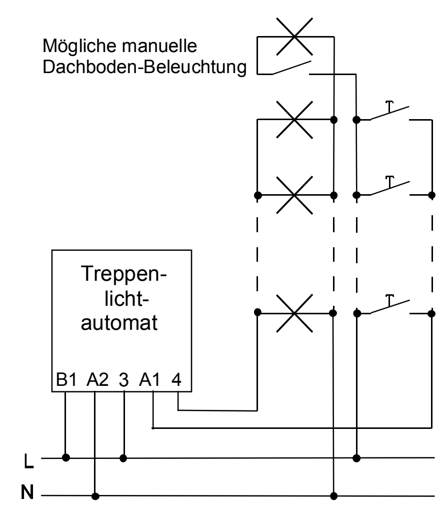


Bild: 4-Leiter-Treppenhausschaltung

Die 3-Leiter-Schaltung spart Leitungsgut, da es ausreichend ist, nur 3 Leiter durch das Treppenhaus zu ziehen.

Die 4-Leiter-Schaltung ist vielseitiger, da im ganzen Treppenhaus L und N zur Verfügung stehen und manuell zu bedienende Keller- oder Dachboden-Beleuchtungen zusätzlich angeschlossen werden können.

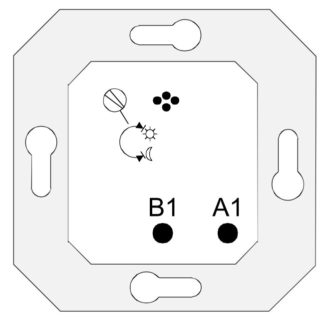


Bild: Impuls-Einsatz

Der Impuls-Einsatz wird komplettiert mit dem UP-Wächter System-Aufsatz. Werden versehentlich andere Wächter-Aufsätze eingesetzt, ist keine Funktion gegeben; Defekte sind jedoch nicht zu befürchten.

Der Impuls-Einsatz ersetzt den in Treppenlichtinstallationen verwendeten mechanischen Taster. Aus einer manuell bedienbaren Installation wird somit eine automatische Treppenlichtschaltung.

Der Impuls-Einsatz arbeitet helligkeitsabhängig. Der Helligkeitseinsteller befindet sich im Impuls-Einsatz und ist nach Entfernen des System-Aufsatzes zugänglich. Der Einstellbereich ist wie im Komfort-Aufsatz ausgeführt (ca. 3-80 Lux und Tagbetrieb).

Der Impuls-Einsatz kann entweder gegen Phase oder gegen Neutralleiter geschaltet werden und ist daher, bei Verwendung des REG-Automats, kompatibel zu den in Treppenlichtschaltungen eingesetzten Tastern.

Die Versorgung des Impuls-Einsatzes geschieht über den Treppenlicht-Automaten. Hierzu werden die jeweils gleichnamigen Klemmen miteinander verbunden.

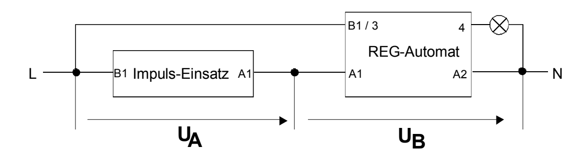


Bild: Verschaltung Impuls-Einsatz

Funktion der Treppenlicht-Schaltung

Erkennt der System-Aufsatz eine Bewegung und misst gleichzeitig, dass die Umgebungshelligkeit nicht ausreicht, so sendet der Impuls-Einsatz einen 60-ms-Impuls an den REG-Automat.

Das Gerät arbeitet nachtriggernd, d. h. bei weiterer Bewegung wird alle ca. 6 Sekunden ein 60-ms-Impuls ausgegeben.

Der REG-Automat schaltet das Licht ein und gibt für die Dauer der Einschaltung eine Einschaltmeldung an alle Impuls-Einsätze. Die Helligkeitsmessung der System-Aufsätze ist während dieser Zeit inaktiv, weil die Umgebungshelligkeit durch die Treppenhausbeleuchtung beeinflusst wird, sie wird darum nicht ausgewertet.

Ist die am REG-Automat eingestellte Zeit abgelaufen und erfolgt keine Nachtriggerung durch einen Impuls-Einsatz, so gibt der REG-Automat eine Ausschaltmeldung an die Impuls-Einsätze. Alle Impuls-Einsätze werden für ca. 3 Sekunden verriegelt. Damit ist ein ungewolltes Wiedereinschalten durch Erfassung der abkühlenden Lampe ausgeschlossen.

Die Kommunikation zwischen Impuls-Einsatz und REG-Automat ist durch eine Halbwellensteuerung der sinusförmigen Netzspannung realisiert, d.h. die Geräte erkennen die unterschiedlichen Schaltzustände an den vorhandenen oder fehlenden Netzhalbwellen.

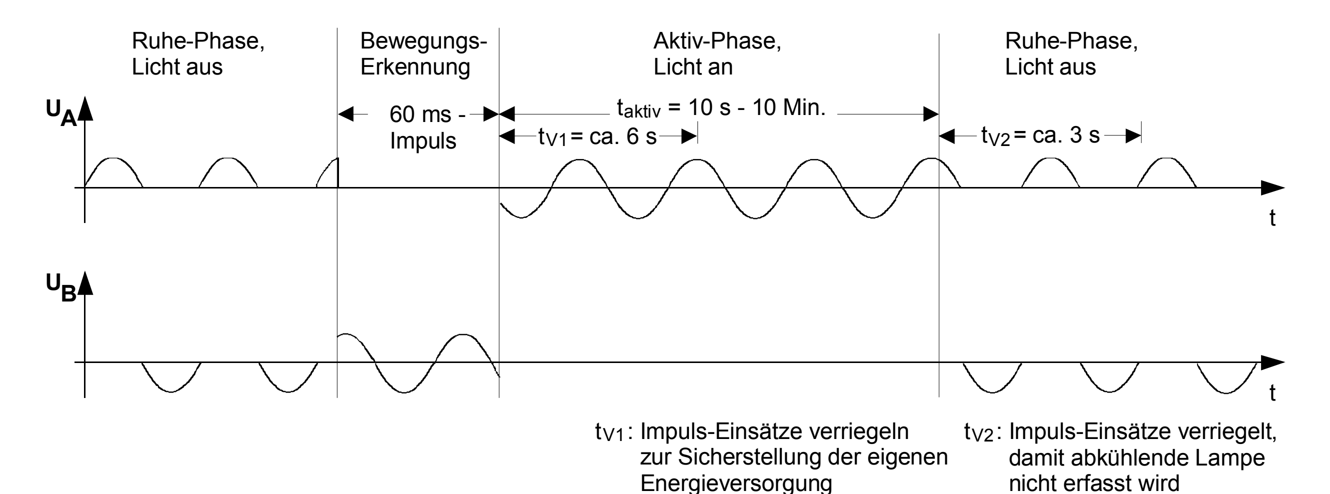


Bild: Kommunikation zwischen Impuls-Einsatz und REG-Automat

REG-Treppenlicht-Automat

Der REG-Automat kann in 3-Leiter- oder 4-Leiter-Schaltung angeschlossen werden.

Die Einschaltzeit (ca. 10 s....10 min, stufenlos) und die Betriebsart (Aus / Automatik / Ein) werden direkt am REG-Automat eingestellt.

Eine LED im Betriebsart-Einsteller (Achse aus transparentem Kunststoff und von innen beleuchtet) zeigt den Schaltzustand an.

REG-Treppenlicht-Automaten dürfen nicht parallel geschaltet werden.

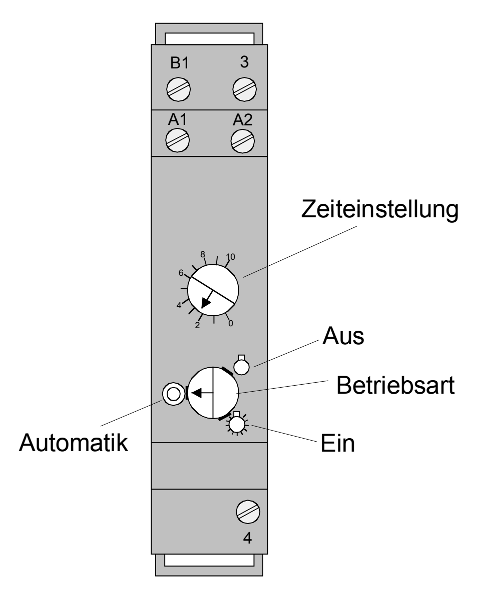


Bild: REG-Treppenlicht-Automat

Betrieb mit manuellen Nebenstellen

Der Strom, der den REG-Automat ansteuert, darf eine bestimmte Stromstärke nicht überschreiten, da es andernfalls zu Funktionsstörungen kommt. Aus diesem Grund dürfen maximal 8 Impuls-Einsätze mit dem REG-Automat verschaltet werden. Sollen zusätzliche manuelle Taster angeschlossen werden, dürfen diese nicht beleuchtet sein; außerdem reduziert sich die Anzahl der Impuls-Einsätze auf 6 Stück.

Da beleuchtete manuelle Taster zusätzlich ihren Leuchtmittel-Strom in den REG-Automat fließen lassen, entstehen weitere Einschränkungen gemäß folgender Tabelle:

Impuls-Ein-sätze	**Unbe-leuchtete Taster**	**beleuchtete Taster Glimmlampenstrom:**				
		0,4 mA	0,5 mA	0,8 mA	1,0 mA	1,5 mA
2	beliebig	16	12	8	8	6
3	beliebig	12	9	6	6	4
4	beliebig	8	6	4	4	3
5	beliebig	4	3	2	2	1
6	beliebig	---	---	---	---	---
7	---	---	---	---	---	---
8	---	---	---	---	---	---

Tabelle: Anzahl möglicher manueller Nebenstellen für den Impuls-Einsatz

Bei Installation von mehr als 6 Impuls-Einsätzen mit zusätzlichen mechanischen Tastern ist es möglich, dass der Überlastschutz im REG-Automat anspricht. Der REG-Automat schaltet dann das Licht nicht mehr aus. Deshalb dürfen bei Installation von mehr als 6 Impuls-Einsätzen keine Taster – weder beleuchtete noch unbeleuchtete – mehr angeschlossen werden.

Da sich Glimmlampen nicht nur im Glimmlampenstrom sondern auch in der Zündspannung unterscheiden können, wird die Gewähr für einwandfreie Funktion der Treppenlichtschaltung nur für beleuchtete Taster unseres Hauses übernommen.

Die Betätigung manueller Taster führt im Gegensatz zu den Impuls-Einsätzen zu **helligkeitsunabhängigem** Einschalten der Beleuchtung.

Anschluss-Schaltbilder

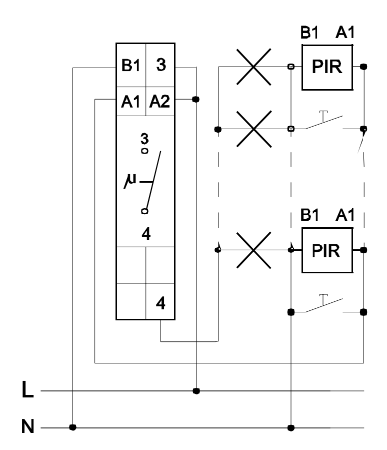


Bild: Impuls-Einsatz in 3-Leiter-Schaltung

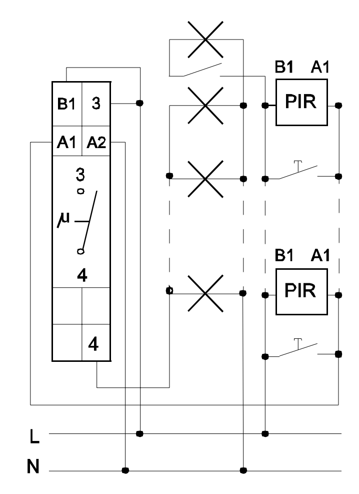


Bild: Impuls-Einsatz in 4-Leiter-Schaltung

3.6.3.7 System-Einsatz

Der System-Einsatz wird komplettiert mit einem System-Aufsatz und ist für die Ansteuerung von System-Leistungsteilen entwickelt worden, als Einzelgerät ist er nicht nutzbar.

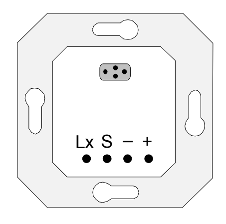


Bild: System-Einsatz

Der System-Einsatz wird mit einer 4-poligen Leitung an ein System-Leistungsteil angeschlossen; die Stromversorgung der angeschlossenen Wächter und die Signalauswertung erfolgen dort.

Nähere Details enthält das Kapitel „Wächter-System".

3.6.4 Aufsätze

3.6.4.1 Standard-Aufsatz

Der Standard-Aufsatz kann mit dem Triac-, NV-, TRONIC- und dem Relais-Einsatz kombiniert werden.

Der Aufsatz wertet mit Hilfe eines LDR (helligkeitsabhängiger Widerstand) die Umgebungshelligkeit aus. Wird eine Bewegung erkannt und ist der werkseitig eingestellte Helligkeitswert von ca. 10 Lux unterschritten, gibt der Aufsatz ein Signal an das Unterteil und die angeschlossene Last wird eingeschaltet. Ebenfalls werkseitig vorgegeben ist die Nachlaufzeit von ca. 2 Minuten. Mit jeder neuen Erfassung einer Bewegung wird die Nachlaufzeit neu gestartet (nachtriggern). Bei ständiger Bewegung im Erfassungsbereich des Sensors bleibt das Licht somit eingeschaltet. Der Helligkeitsschwellwert (10 Lux) wird bei eingeschalteter Beleuchtung nicht ausgewertet, da die Umgebungshelligkeit des Sensors durch die eingeschaltete Beleuchtung in der Regel überschritten ist.

Gerade für UP-Wächter, die vielfach in der Höhe von Lichtschaltern installiert werden, besteht die Möglichkeit, dass eine vorübergehende Person den Helligkeitssensor abschattet. Es ist daher im Aufsatz eine Verzögerung realisiert, die verhindert, dass eine kurzzeitige Abdunkelung des Helligkeitsfühlers zu Fehlschaltungen bei sonst ausreichender Helligkeit führt.

3.6.4.2 Komfort-Aufsatz

Zusätzlich zur Funktionalität des Standard-Aufsatzes können beim Komfort-Aufsatz individuelle Einstellungen vorgenommen werden:

- Helligkeitsschwelle;
- Nachlaufzeit;
- Empfindlichkeit;
- Betriebsarten-Schalter.

Einstellung der Helligkeitsschwelle

Der Helligkeitsschwellwert kann im Bereich von ca. 3...80 lx mittels eines Potentiometers am Aufsatz stufenlos verändert werden. Die Einstellung des Potis auf die Markierung Sonne bedeutet Tagbetrieb, d. h. bei Erfassung einer Bewegung wird das Licht unabhängig von der Umgebungshelligkeit eingeschaltet.

Dies ist sinnvoll, wenn der Sensor unmittelbar durch Fremdlicht, wie z. B. angrenzende Beleuchtung oder Fensteröffnungen erhellt wird, der zu erleuchtende Bereich jedoch abseits vom UP-Wächter generell im Dunkeln liegt.

Auch im Testbetrieb ist eine Einstellung auf Tagbetrieb sehr hilfreich.

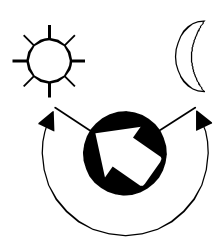


Bild: Einstellung der Helligkeitsschwelle

Einstellung der Nachlaufzeit

Die Mindesteinschaltdauer kann mit einem Potentiometer von ca. 10 s bis 10 min variiert werden. Dadurch kann die Einschaltzeit der Beleuchtung, z. B. in kurzen Gängen, auf ein Minimum reduzieren, damit die Beleuchtung nicht länger als unbedingt notwendig in Betrieb ist.

Wird andererseits mit einem Wächter z. B. die Toilettenbeleuchtung oder ein Lüfter für das WC angesteuert, muss die Einschaltzeit meist deutlich verlängert werden. Als Testeinstellung bei der Inbetriebnahme sind 10 sec. zu bevorzugen.

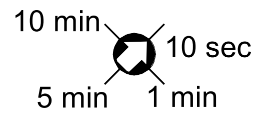


Bild: Einstellung der Einschaltdauer

Einstellung der Empfindlichkeit

Häufige Anwendung finden UP-Wächter z. B. in Gängen und Fluren, die z. T. nur 2 m breit sind. Es besteht daher nicht die Notwendigkeit, das Gerät mit maximaler Empfindlichkeit zu betreiben. Bei einer zu großen Empfindlichkeit besteht die Möglichkeit, dass Vorgänge ungewollt erfasst werden.

Dazu zählen z. B. Wärmereflektionen an hellen, verglasten oder verspiegelten Wandflächen, möglicherweise hervorgerufen durch die vom Wächter selbst geschaltete Beleuchtung. So hat z. B. NV-Beleuchtung einen sehr hohen Rotanteil, der von PIR-Sensoren u. U. als Wärmeänderung erkannt wird.

Die Zeitkonstanten bei der Abkühlung der Leuchtmittel liegen im Bereich einiger Sekunden.

Durch eine Absenkung der Empfindlichkeit werden Störeinflüsse dieser Art abgeschwächt. Deshalb kann die Empfindlichkeit stufenlos von 100 % bis ca. 20 % reduziert werden.

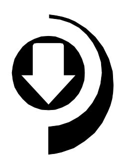


Bild: Einstellung der Empfindlichkeit

Betriebsarten-Schalter

Mit dem Betriebsartenschalter kann zwischen Dauer-Aus, Dauer-Ein oder Automatikbetrieb umgeschaltet werden. Ist diese Schaltmöglichkeit nicht gewünscht, kann der Automatikbetrieb arretiert werden.

Dauerlicht – unabhängig von der Umgebungshelligkeit – ist bei Arbeiten, wie z. B. Reinigung oder Renovierung, sehr hilfreich. Häufiges Lichtschalten wird in solchen Situationen oft als störend empfunden.

Z. B. für Lichteffekte oder Präsentationen ist es nicht gewünscht, dass die Beleuchtung eingeschaltet wird. Mit dem Betriebsarten-Schalter kann diesem Wunsch entsprochen werden.

3.6.4.3 System-Aufsatz

Der System-Aufsatz wird für Nebenstellen-, Impuls- und System-Einsatz verwendet.

Bei diesem Aufsatz kann – wie beim Komfort-Aufsatz – über die Empfindlichkeitseinstellung die Reichweite an die örtlichen Gegebenheiten angepasst werden. (Bei älteren Baureihen des System-Aufsatzes ist diese Einstellung noch nicht vorhanden.)

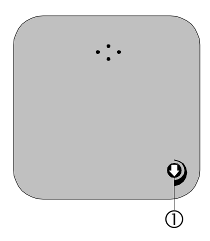


Bild: Empfindlichkeitseinstellung System-Aufsatz

Die Umgebungshelligkeit wird erfasst, jedoch nur in Kombination mit Impuls- und System-Einsatz ausgewertet. Beim Nebenstellen-Einsatz ist eine Helligkeitsauswertung nicht erforderlich, dies übernimmt sinnvollerweise die Hauptstelle.

Das Sensorsignal zur Ansteuerung des Nebenstellen-, Impuls- oder System-Einsatzes steht lediglich für die Dauer der Erfassung an und hat keine definierte Dauer.

3.6.5 Nebenstellenbetrieb

UP-Wächter mit Relais-Einsatz bilden eine Hauptstelle einer UP-Wächter-Installation. Am Nebenstelleneingang ‚1' des Relais-Einsatzes dürfen beliebig viele Nebenstellen angeschlossen werden.

Geeignete Nebenstellen sind:

- Konventionelle Schließer-Taster (unbeleuchtet);
- die aktive UP-Wächter-Nebenstelle, die sich aus dem Nebenstellen-Einsatz und dem System-Aufsatz zusammensetzt.

Eine Nebenstelle schaltet keine direkte Last, sondern gibt lediglich einen Impuls an die Hauptstelle weiter. Die Hauptstelle unterscheidet, ob der Impuls von passiven (z. B. konv. Taster) oder aktiven Nebenstellen kommt.

Bei einem Impuls von einer passiven Nebenstelle wird das Licht unabhängig von der Umgebungshelligkeit eingeschaltet, da der Anwender offensichtlich bewusst zusätzliche Beleuchtung wünscht. Ein Signal einer aktiven Nebenstelle wird mit der Helligkeitsauswertung im Aufsatz UND-verknüpft, sodass die Last nur dann eingeschaltet wird, wenn der Helligkeitsschwellwert des Aufsatzes unterschritten ist.

Bei beiden Nebenstellentypen wird die Beleuchtung für die vom Aufsatz vorgegebene Zeit eingeschaltet.

Warum aktive Nebenstellen?

Die Notwendigkeit von aktiven Nebenstellen ist nicht sofort einzusehen, wenn mit der Parallelschaltung von Wächtern auf den ersten Blick die gleiche Funktionalität erreicht werden kann.

Vorteile von aktiven Nebenstellen sind:

- preisliche Vorteile: Nebenstellen-Einsätze sind preiswerter als Leistungs-Einsätze;
- funktionelle Vorteile: Nur bei Kombination von Haupt- und Nebenstelle kann auf die Auswertung eines einzigen Helligkeitswertes zurückgegriffen werden. Unabhängig von der Umgebungshelligkeit der Nebenstellen wird die Helligkeit ausschließlich in der Hauptstelle ausgewertet. Damit werden Lichtschaukeln vermieden.

Im Gegensatz dazu ist bei einer Parallelschaltung mehrerer UP-Wächter die Helligkeitsauswertung in jedem Gerät aktiv. Dabei kann es vorkommen, dass für jedes Gerät eine andere Lichtsituation gegeben ist. Eine Synchronisation der Schwellwerte ist, auch durch Bauteiltoleranzen bedingt, nahezu unmöglich. Bei ungünstigen Einbauverhältnissen kann außerdem es zu unerwünschten Effekten kommen (z. B. „Lichtschaukel).

Durch das Zusammenwirken von Haupt- und Nebenstellen treten diese Probleme nicht auf. Die aktiven Nebenstellen geben lediglich ein Signal bei der Erfassung einer Bewegung. Helligkeitsauswertung, Einschalt- und Verriegelungszeit werden ausschließlich in der Hauptstelle realisiert.

Prinzip der Nebenstellen-Auswertung

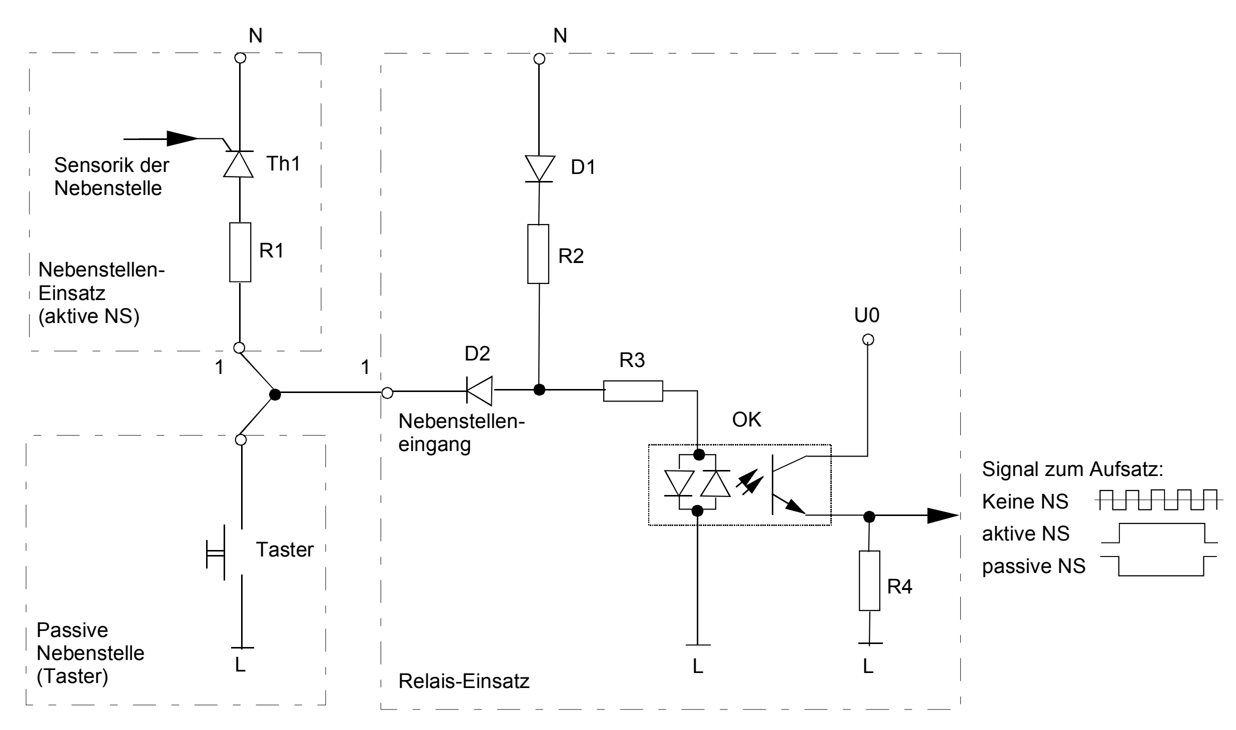


Bild: Schaltungsprinzip Nebenstellenauswertung

Bezugspotential ist die Netzphase. Im Ruhezustand (kein Nebenstellensignal anliegend) wird über die Diode D1 und die Widerstände R2 und R3 dem Optokoppler OK nur eine Halbwelle der Sinusschwingung zugeführt. Am Ausgang des OK erscheint ein 50 Hz-Rechtecksignal mit einem Tastverhältnis von 1:1.

Ein Signal von der Sensorik der aktiven Nebenstelle sorgt dafür, dass der Thyristor Th1 durchgesteuert wird.

Die über D1 am OK anliegende positive Halbwelle wird über Th1 und R1 mit der negativen Halbwelle zu einer vollen Sinusschwingung komplettiert. Am OK-Ausgang erscheint dadurch für die Dauer des Signals ein konstantes High-Signal.

Wird der Taster betätigt (passive Nebenstelle), wird die anstehende Halbwelle über D2 und den Taster abgeleitet. Der OK ist praktisch kurzgeschlossen und hat für die Dauer des Tastendrucks Low-Signal am Ausgang.

Die Mindestsignallänge für eine korrekte Auswertung am Nebenstellen-Eingang des Aufsatzes beträgt 200 ms.

Diese drei möglichen Signale stehen dem Aufsatz zur Verfügung. Dort werden die Signale über einen Integrator gegeben. Die passive Nebenstelle erzeugt somit ein Low-Signal, die aktive ein High-Signal.

Aus dem 50 Hz-Rechtecksignal wird bei nicht aktivierten Nebenstellen ein Signal mit einem Pegel genau zwischen High und Low erzeugt.

Eine Auswertung der Signale erfolgt über einen Fensterkomparator, der je nach Eingangssignal keinen Ausgang oder den Ausgang für die aktive NS oder den Ausgang für die passive NS aktiviert. Je nach Ausgang ist von der Hauptstelle erkennbar, von welchem NS-Typ das Signal kommt.

4 JALOUSIE- UND ROLLLADEN-STEUERUNG

Jalousien und Rollläden – zusammengefasst unter dem Fachbegriff „Behänge“ – kommen im gewerblichen und privaten Bereich in verschiedensten Varianten zum Einsatz:

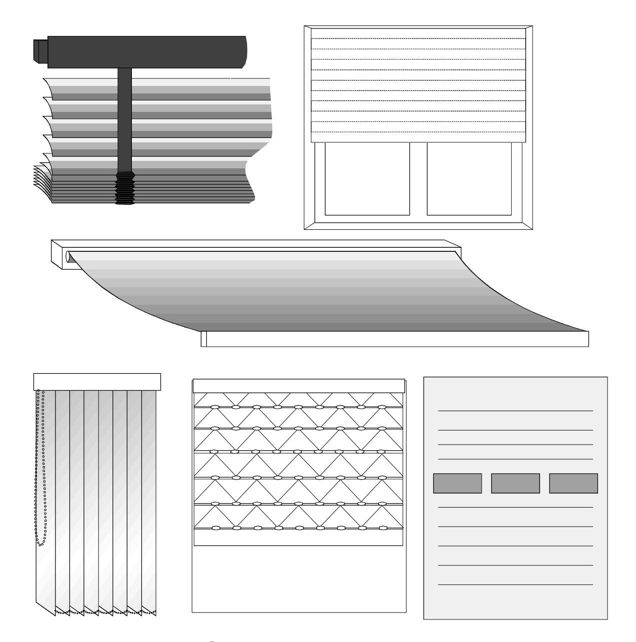


Bild: Beispiele für Behänge

- Lamellenjalousien als Blend- und Sonnenschutz in Haushalt, Büro, Wintergärten, Treibhäusern;
- Rollläden aus Kunststoff, Metall oder Holz zum nächtlichen Schutz von Innenräumen und zur Simulation von Anwesenheit bei Urlaub oder Dienstreise;
- Dekorative Streifenvorhänge als Designelement in Wohnzimmer oder Besprechungsräumen;
- Markisen auf Terrasse oder Balkon;
- Gitterrollläden an Schaufenstern erlauben die Sicht auf die Auslagen, sind aber gleichzeitig ein guter Schutz gegen Diebstahl;
- Rolltore an Eingängen von Lager- oder Verkaufshallen.

Oftmals handelt es sich hierbei um sehr schwere Behänge, die per Muskelkraft – mit einem Gurtband oder mit Kurbelantrieb – auf- und abgefahren werden müssen, oder die mit einem motorischen Antrieb ausgestattet sind.

Die Anforderungen an ein zeitgemäßes und komfortables Jalousiesteuerungs-System stellen sich wie folgt dar:

- Universell einsetzbar für die meisten im Markt befindlichen Motorantriebe;
- eine oder mehrere Bedien-/Nebenstellen;
- erweiterbar zu Systemsteuerungen mit Einzel-, Gruppen- und Zentralsteuerung;
- (zentraler) Windalarm, d. h. automatisches Fahren in eine Sicherheitsposition und Verriegelung;
- automatische Sonnenschutz- und Dämmerungsfunktion;
- Glasbruchfunktion;
- manuelle, zeit- oder funkgesteuerte Bedienung;
- ausgewogenes Preis-Leistungsverhältnis;
- möglichst geringe Anzahl an Komponenten – dadurch geringer Aufwand für Produktentwicklung und -pflege, Lagerhaltung und Schulungsbedarf (gleichermaßen bei Hersteller, Handel und Installateur).

4.1 Geräte – Überblick

Um allen geschilderten Anforderungen gerecht zu werden, bietet sich das „Baukasten-Prinzip“ an:

- Leistungsteil – mit der 230-V-Verdrahtung – und Bedienteil sind voneinander getrennt in UP-Einsatz und darauf aufsteckbaren Bedienaufsatz.
- Je nach Anforderung sind für Aufsatz und Einsatz diverse Varianten verfügbar.
- Eine umfangreiche Sensorik mit Sonnen-/Dämmerungs-, Glasbruch- und Windsensor ergänzt die Komponenten zu einem System, welches für jede Installation die passende Lösung bietet.

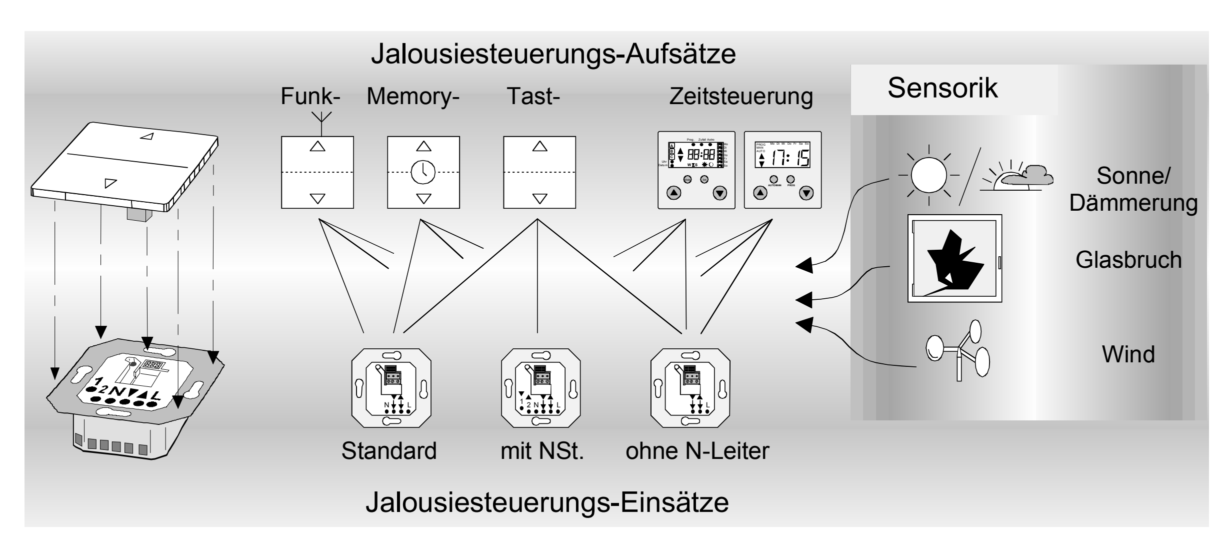


Bild: Jalousiesteuerungs-System – Überblick

Einsätze

Aufgabe der Einsätze ist Schalten des Stromes für Auf- bzw. Abwärtsfahrt, Spannungsversorgung von Einsatz und Aufsatz, ggf. auch Erfassen von Nebenstellenbedienung.

- Jalousiesteuerungs-Einsatz „Standard“
- Jalousiesteuerungs-Einsatz „Universal“ mit Nebenstelleneingang
  Mit diesem Gerät können auch umfangreiche Gruppen- und Zentralsteuerungen verwirklicht werden.
- Jalousiesteuerungs-Einsatz ohne N-Leiter-Anschluss
  Motorische Antriebe, die mit mechanischen Wipp- oder Knebelschaltern bedient werden, benötigen an der Bedienstelle keinen N-Leiter, da sie nur den Außenleiter an den Motor weiterschalten. Der Einsatz ohne N-Leiter ermöglicht es, auch diese Anlagen mit einer komfortablen Steuerungstechnik auszurüsten.

Aufsätze

Die Aufsätze steuern die Behänge – automatisch oder bei manueller Bedienung –, werten Nebenstellenbedienung und ggf. auch die Signale angeschlossener Sensoren aus.

- Tast-Aufsatz
- Tast-Aufsatz mit Sensoranschluss
- Memory-Aufsatz
- Memory-Aufsatz mit Sensoranschluss
- Funk-Aufsatz
- Funk-Aufsatz mit Sensoranschluss
- Zeitsteuerungs-Aufsatz „Easy“
- Zeitsteuerungs-Aufsatz „Komfort“
- Zeitsteuerungs-Aufsatz „Komfort“ mit Sensoranschluss

Sensorik

Sensoren erfassen physikalische Größen und setzen sie in geeignete elektrische Signale um.

- Sonnen-/Dämmerungssensor
- Glasbruchsensor
- Windsensorschnittstelle

Nebenstellen

Als „einfache“ Nebenstellen können mechanische Bedienelemente dienen; ebenso möglich sind aber auch „intelligente“ Nebenstellen, Hier werden die gleichen Aufsätze und Einsätze wie für die Hauptstellen (mit N-Leiter-Anschluss!) verwendet. So kann ein Zeitsteuerungs-Aufsatz mehrere Jalousien steuern, während die Einzeljalousien vom Anwender vor Ort bedient werden.

Wenn beim Jalousie-Einsatz ohne N-Leiter-Anschluss eine Bedienung über Nebenstellen gefordert ist, bietet sich die Verwendung einer Funk-Taste an.

Mechanische Jalousietaster und -schalter können ebenfalls als Nebenstelle genutzt werden. Letztere stellen sich allerdings nicht von selbst zurück und können so die Bedienung der Jalousie blockieren.

4.2 Jalousiesteuerungs-Einsätze

Die Jalousiesteuerungs-Einsätze sind für den Einbau in eine 60-mm-Unterputzdose konzipiert. Es wird empfohlen, hierfür eine tiefe Dose zu verwenden, da die Platzverhältnisse – vor allem bei zusätzlicher Installation von Nebenstellen und Sensorleitungen – in der „normalen“ Unterputzdose sehr beengt sind.

Der Anschluss der Last erfolgt mit gekennzeichneten Schraubklemmen. Für Messzwecke sind die Klemmen auch im eingebauten Zustand zugänglich. Die Klemmen weisen im eingebauten Zustand immer nach unten, sodass nach Aufstecken des Bedienaufsatzes die Behänge seitenrichtig gefahren werden können und das Display des Zeitsteuerungsaufsatzes korrekt abgelesen werden kann.

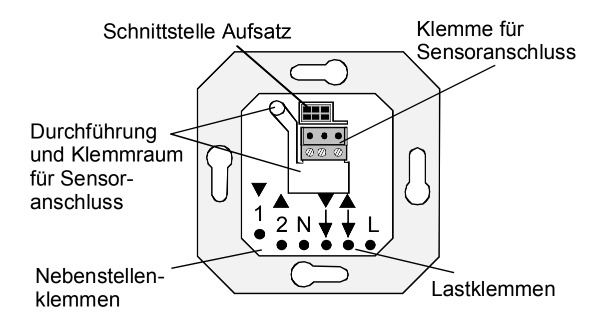


Bild: Jalousiesteuerungs-Einsatz – Aufbau

Aufgaben der Einsätze sind:

- Fahren des angeschlossenen Behangs in Auf- oder Ab-Richtung;
- Auswerten der Signale vom Bedienaufsatz;
- Aufbereiten der Nebenstellensignale und Weiterleiten an den Aufsatz;
- Stromversorgung der integrierten Elektronik und der Schaltrelais;
- Stromversorgung des Bedienaufsatzes.

Anschaltung der Jalousiemotoren

Die Jalousiesteuerung wurde zum Schalten von Jalousie- bzw. Rollladenmotoren entwickelt. Allen Einsätzen ist gemeinsam, dass sie jeweils einen Motor schalten können. Entsprechend besitzen sie (mindestens) die drei Klemmen L, Auf und Ab: An L wird der Außenleiter angeschlossen; an die beiden Klemmen „Ab“ und „Auf“ (∇, ∆) der Jalousiemotor. Diese Motoren müssen mit einem Endlagenschalter (mechanisch oder elektronisch) ausgerüstet sein, welche den Motor in der Endlage spannungsfrei schalten. Nach Durchschalten der Relais steht hier die Netzspannung für das Fahren des Behanges zur Verfügung.

Die Relais schalten Jalousiemotoren bis zu 1000 VA. Sie sind mechanisch und elektrisch gegeneinander verriegelt, sodass nicht beide Laufrichtungen gleichzeitig angeschaltet werden können.

Rollladen- und Jalousiemotoren konventioneller Bauart dürfen nicht in beide Laufrichtungen gleichzeitig angesteuert werden. Der Motor würde sonst beschädigt oder sogar zerstört. Daher werden nicht zwei Schließer-Relais verwendet, die wechselweise angesteuert werden, sondern ein Wechsler- und ein Schließer-Relais, die in Reihe geschaltet sind. Wenn das Wechsler-Relais für die Auf-Richtung geschlossen ist, ist das Relais für die Ab-Richtung spannungsfrei. Ein gleichzeitiges Ansteuern des angeschlossenen Motors ist so ausgeschlossen – auch bei Defekt des Jalousie-Einsatzes.

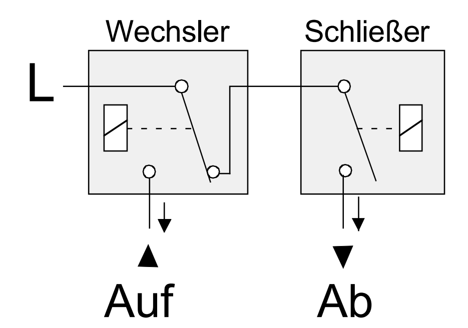


Bild: Mechanische Verriegelung der Relais-Ausgänge beim Jalousie-Einsatz

Parallelschalten von Jalousie-Motoren?

Bei Jalousiemotoren handelt es sich um sogenannte „Kondensatormotoren“. Diese Motoren besitzen zwei voneinander unabhängige Wicklungen, die auf der einen Seite direkt, auf der anderen Seite über einen Kondensator miteinander verbunden sind.

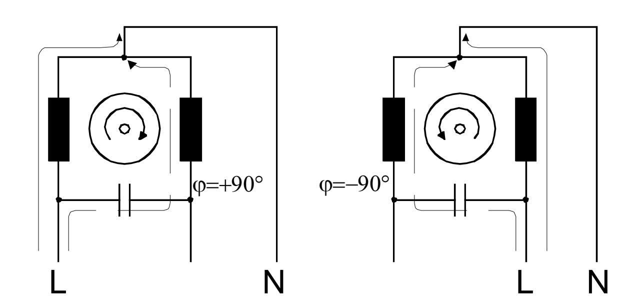


Bild: Kondensatormotor mit zwei verschiedenen Laufrichtungen

Der Kondensator stellt für Wechselstrom kein Hindernis dar, sondern bewirkt in der Wicklung, die mit dem Kondensator jeweils in Reihe geschaltet ist („Hilfswicklung“), eine Phasenverschiebung des Stroms um ca. 90° – d. h. der Maximaldurchgang des Wechselstroms erfolgt in der Hilfswicklung 5 ms früher als in der Hauptwicklung. Die von den beiden Strömen erzeugten Wechselfelder setzen sich zu einem Drehfeld zusammen, das den Rotor antreibt. Umkehr der Drehrichtung – und damit der Laufrichtung des Behangs – wird erreicht, indem der Kondensator mit der anderen Wicklung in Reihe geschaltet wird (Umkehrung des Drehfeldes).

Sofern ein Hersteller nicht ausdrücklich das Parallelschalten seiner Jalousiemotoren erlaubt, ist für jeden Jalousiemotor ein eigenes Schaltelement (Schalter, Relais-Einsatz, Jalousieaktor etc.) vorzusehen. Zum Bedienen mehrerer Behänge „mit einem Handgriff“ müssen Trennrelais, mehrpolige Bedienelemente oder ein geeignetes Bussystem eingesetzt werden.

Was passiert beim Parallelschalten von Jalousiemotoren? Antriebe einer gemeinsam gesteuerten Anlage haben nie exakt gleich lange Laufzeiten, sondern sie differieren immer um wenige $^{1}/_{10}$ s. Werden nun Rohrmotoren parallel durch ein Schaltelement geschaltet, erreicht also ein Antrieb zuerst seine Endlage und öffnet den Endschalter – im Bild mit „E1“ bezeichnet. Solange der zweite Antrieb noch läuft, ist der Endschalter E3 geschlossen, und es entsteht über den Kondensator C2 eine sogenannte „Rückspannung“, die den ersten Antrieb in Gegenrichtung in Bewegung setzt. Sobald der Endschalter E1 wieder freigegeben wird, ändert der erste Antrieb sofort wieder seine Drehrichtung und läuft in seine ursprüngliche Richtung.

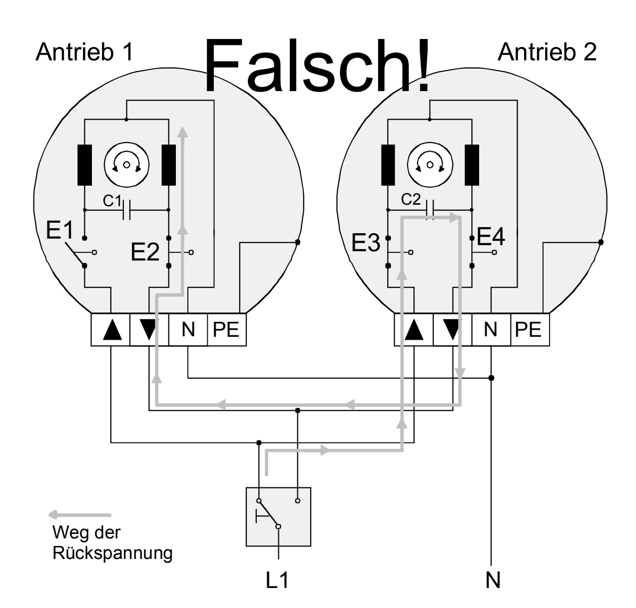


Bild: Falsche Parallelschaltung zweier Antriebe mit einpoligem Bedienelement

Dieses wiederholt sich so lange, bis der zweite Antrieb seine Endposition erreicht und den Endschalter (im Bild E3) öffnet. Nun wiederholt sich der beschriebene Ablauf mit dem zweiten Antrieb. Der Anwender erkennt dies als Pendelbewegung der beiden Antriebe, die diese um ihre Endlage ausführen.

Die Problematik liegt darin, dass binnen kurzer Zeit sehr viele Schaltvorgänge stattfinden und durch die induktiven Lasten Spannungen über 1000 V entstehen können. Als Folge hiervon können einerseits die Kontakte der Endschalter verschweißen; andererseits kann schließlich ein Zustand entstehen, in dem durch die Phasenverschiebung die Drehrichtung der Motoren „umkippt“ und die Endschalter umgangen werden. Am Ende werden Endlagenschalter und Motoren – im ungünstigsten Fall auch Behänge – zerstört!

Grundsätzlich dürfen Jalousiemotoren also **nicht** parallel an ein Schaltelement geschaltet werden!

Schnittstelle Aufsatz – Einsatz

Leistungseinsatz und Bedienaufsatz sind miteinander über eine 6-polige Schnittstelle verbunden. Die Aufnahme für den Steckverbinder ist mechanisch codiert, damit auch nur die Aufsätze des Jalousiesteuerungssystems aufgesteckt werden können. Die Codierung besteht aus einer weiten Aussparung an einer Ecke der Buchse. Die Bedienaufsätze besitzen am Steckverbinder den hierzu passenden Vorsprung, um sicherzustellen, dass nicht ähnliche Aufsätze, z. B. aus dem UP-Baukasten „System 2000“, aufgesteckt und die Einsätze hierdurch beschädigt werden.

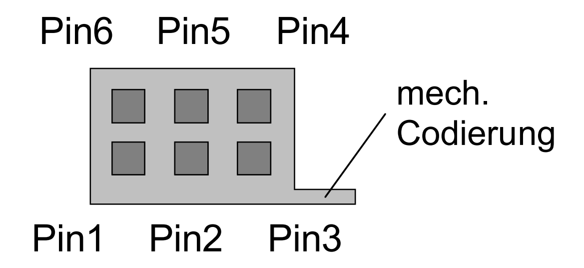


Bild: Schnittstelle Aufsatz – Einsatz

- Pin1: Nebenstellensignal „Ab“
- Pin2: Masse (GND)
- Pin3: Nebenstellensignal „Auf“
- Pin4: Signal vom Aufsatz „Ab-Fahren“
- Pin5: Signal vom Aufsatz zum „Auf-Fahren“
- Pin6: +12 V zur Versorgung der Aufsatz-Elektronik

Bei den Einsätzen ohne Nebenstelle sind Pin1 und Pin3 nicht belegt.

Die Betriebsspannung für den Aufsatz ergibt sich als Spannungs*differenz* zwischen Pin6 und Pin2. Die Schnittstelle führt SELV-Spannung, d. h. sie ist galvanisch von der Netzspannung entkoppelt.

Sensoranschluss

Einige Bedienaufsätze können Signale eines Helligkeits- oder eines Glasbruchsensors auswerten und so die Jalousiefunktion automatisieren.

Der Sensoranschluss befindet sich an der Unterseite des Jalousiesteuerungs-Aufsatzes; die Sensorleitung wird durch eine Durchführung in eine Klemme geführt, für die im Einsatz eine spezielle Aufnahme vorhanden ist. Alternativ kann die Sensorik auch direkt an den Aufsatz angeschlossen werden.

Näheres hierzu ist im Kapitel „Sensorik“ erläutert.

Umkehrzeit

Damit bei Umkehr der Laufrichtung während einer Auf- oder Abwärts-Fahrt keine Überspannungen entstehen, die den Einsatz beschädigen können, liegt zwischen Aus- und Wiedereinschalten des Antriebs eine Umkehrpause von ca. 1 s. Da die Einsätze nur die Leistungselektronik beinhalten, ist diese Funktion in den Aufsätzen realisiert.

Die Hinweise der Motorenhersteller bezüglich Umschaltzeit und max. Einschaltdauer (in Technischen Daten oft als „ED“ bezeichnet) müssen beachtet werden. So kann es z. B. vorkommen, dass bei sehr häufigem Fahren die Motoren zu sehr erwärmen, dass sie über einen integrierten Thermoschalter abgeschaltet werden und bis zur Abkühlung nicht mehr funktionieren. Dieser Abkühlvorgang kann durchaus – je nach Bauart des Motors – 30 min dauern.

4.2.1 Jalousiesteuerungs-Einsatz „Standard“

Der Jalousiesteuerungs-Einsatz „Standard“ ist die System-Basiskomponente und kann mit allen Aufsätzen aus diesem System kombiniert werden. Er wird eingesetzt

- lokal, zur direkten Ansteuerung eines Antriebs (keine Zentral- oder Gruppensteuerung, kein Windsensor, keine Nebenstellen),
- als übergeordnetes Zentralgerät zur Ansteuerung einer Jalousiegruppe über deren Nebenstelleneingänge.

Der Jalousiesteuerungs-Einsatz besitzt vier Anschlussklemmen: An L und N wird die Netzspannung 230 V angelegt. Diese versorgt Einsatz und Aufsatz mit der notwendigen Spannung. Verpolung ist nicht zugelassen, denn der Außenleiter L wird durch die internen Relais an die Ausgangsklemmen für den Antrieb geschaltet.

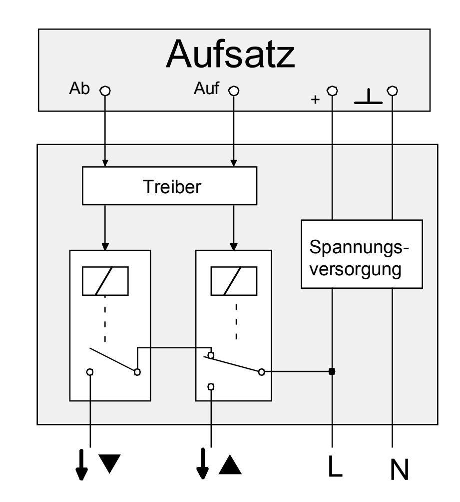


Bild: Jalousiesteuerungs-Einsatz „Standard“ – Funktion

Der Anschluss erfolgt entsprechend der Bedruckung der Tragplatte.

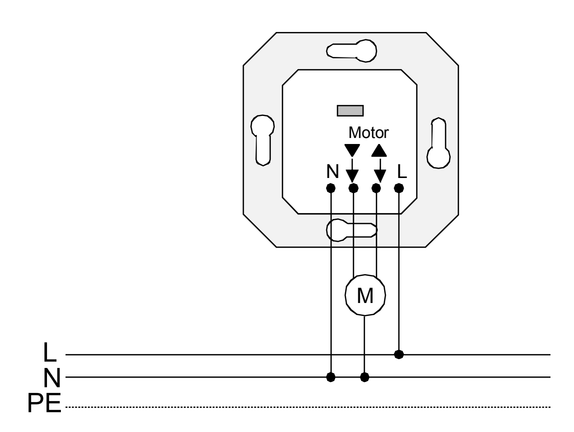


Bild: Jalousiesteuerungs-Einsatz „Standard“ - Anschluss

4.2.2 Jalousiesteuerungs-Einsatz „Universal“ mit Nebenstelleneingang

Der Jalousiesteuerungs-Einsatz „Universal“ mit Nebenstelleneingang ist universell einsetzbar:

- lokal, zur direkten Ansteuerung eines Antriebs, auch in Zentral- oder Gruppensteuerungen,
- als aktive Nebenstelle eines einzelnen Behangs,

- als übergeordnetes Zentralgerät zur Ansteuerung einer Jalousiegruppe über deren Nebenstelleneingänge.
- An den Nebenstelleneingang „Auf“ kann ein Windsensor angeschlossen werden.

Nebenstelleneingänge

Zusätzlich zu den Klemmen für L, N und den Motoranschluss besitzt der Jalousiesteuerungs-Einsatz „Universal“ zwei Klemmen „1“ und „2“ für den Anschluss von Nebenstellen. Wird auf einen dieser Eingänge die Netzspannung 230 V geschaltet, so wird die entsprechende Fahrrichtung für den Antrieb ausgelöst. Hiermit wird es möglich,

- die Jalousie mit einem zweiten Bedienelement (mechanisch oder elektronisch) zu steuern;
- mehrere Jalousien einzeln, aber auch zusammen als Gruppe zu fahren;

Das Relais schließt so lange, wie die Netzspannung am Nebenstelleneingang anliegt. Da der Nebenstelleneingang „Auf“ auch für den Anschluss eines Windsensors (Windalarm) genutzt wird, besitzt dieser höhere Priorität, auch gegenüber den lokalen Bedienelementen.

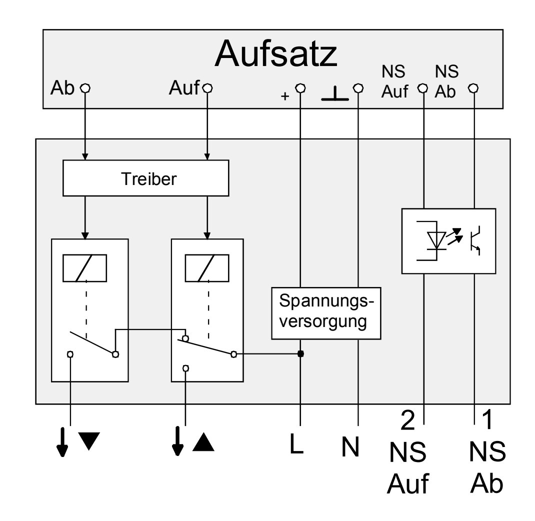


Bild: Jalousiesteuerungs-Einsatz „Universal“ – Funktion

Die 230-V-Nebenstelleneingänge werden über Optokoppler galvanisch von der Elektronik getrennt und auf die Schnittstelle zum Bedienaufsatz geführt.

An den Nebenstelleneingang können mechanische oder elektronische Nebenstellen angeschlossen werden. Mechanische Nebenstellen – Jalousietaster oder -schalter – sind kostengünstig; Schlüsselschalter bieten Schutz gegen unbefugte Betätigung. Nachteilig bei mechanischen Nebenstellen ist, dass Taster während der gesamten Laufzeit manuell bedient, Schalter wieder zurückgestellt werden müssen. Bei einer elektronischen Nebenstelle steht an beiden Bedienstellen das gleiche Konzept zur Verfügung; überdies können hier auch verschiedene Bedienkonzepte miteinander kombiniert werden, z. B. ein Jalousieuhr-Aufsatz auf der Hauptstelle und eine Funk-Taste auf der Nebenstelle.

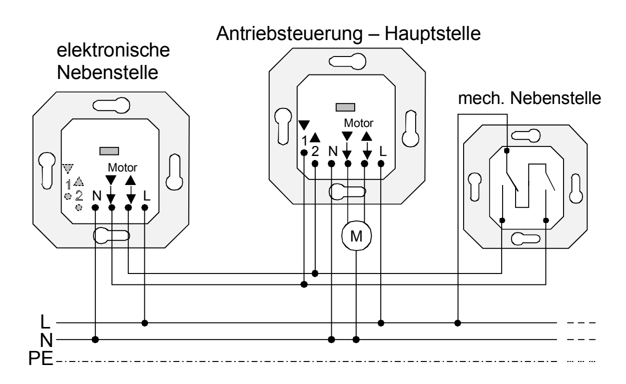


Bild: Jalousiesteuerungs-Einsatz „Universal“ mit mechanischer und elektronischer Nebenstelle

Nebenstelleneingänge dürfen nicht mit Motoren zusammen beschaltet werden. Diese erzeugen während des Laufes hohe Wechselspannungen (bis zu einigen hundert Volt), welche zu Fehlfunktionen führen oder im Extremfall sogar den Jalousie-Einsatz beschädigen können.

Deswegen darf die Nebenstelle nicht selbst einen Motor schalten; ihre Ausgänge sind ausschließlich mit den Nebenstelleneingängen der Hauptstelle zu verbinden!

EMV-gerechte Verlegung der Nebenstellenleitung

Die Nebenstelleneingänge des Jalousiesteuerungs-Einsatzes „Universal“ erkennen ein Nebenstellensignal ab ca. 110 V. Sie sind damit recht stabil gegenüber Einkopplungen von fremden Spannungen.

Werden allerdings – z. B. in einem gemeinsamen Kabelbaum – Nebenstellenleitung und Leitungen anderer (Motor-) Lasten gemeinsam über längere Stecken parallel verlegt, können in die Nebenstellenleitung Brummspannungen eingekoppelt werden, die 110 V überschreiten und ein Schalten des Einsatzes auslösen.

Kann also eine Parallelverlegung von Lastleitungen und Nebenstellenleitungen über längere Strecken nicht vermieden werden, so muss ein ausreichender Abstand eingehalten werden!

4.2.3 Jalousiesteuerungs-Einsatz ohne Neutralleiteranschluss

Vielfach scheitert eine Nachrüstung mechanisch geschalteter Jalousiemotoren durch komfortable Steuerungen dadurch, dass am Installationsort der Schalter kein N-Leiter vorhanden ist. Für diese Zwecke wurde der Jalousiesteuerungs-Einsatz ohne Neutralleiteranschluss entwickelt. Er besitzt neben der Klemme L nur noch die Lastklemmen „Auf“ und „Ab“, an die der entsprechende Antrieb angeschlossen wird.

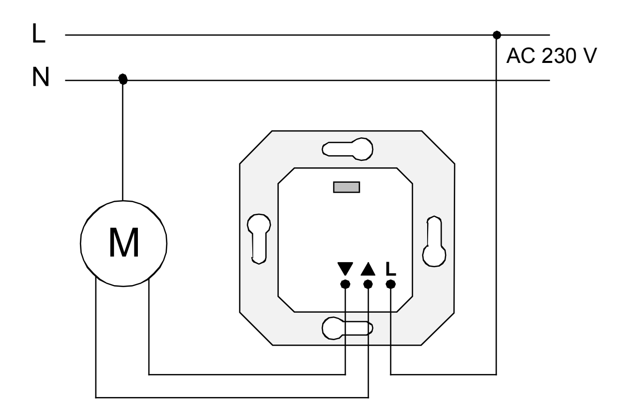


Bild: Jalousiesteuerungs-Einsatz ohne N-Leiter

Zur Versorgung von Relais sowie der Elektronik von Einsatz und Aufsatz nutzt der Einsatz die Motorleitungen als Verbindung zum N-Leiter. Da Nebenstelleneingänge hochohmig gegenüber N sind, kann der Jalousiesteuerungs-Einsatz ohne N-Leiteranschluss nicht als Gruppen- oder Zentralsteuerung eingesetzt werden.

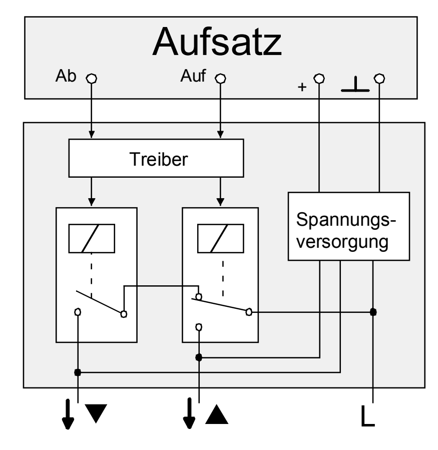


Bild: Jalousiesteuerungs-Einsatz ohne N-Leiter

Vor dem Einbau muss darauf geachtet werden, dass einige Motoren während des Laufs derartig hohe Motorspannungen erzeugen, dass der Einsatz beschädigt werden kann. Vor Installation des Einsatzes muss daher die Eignung des Motors durch Messung der Motorspannung überprüft werden.

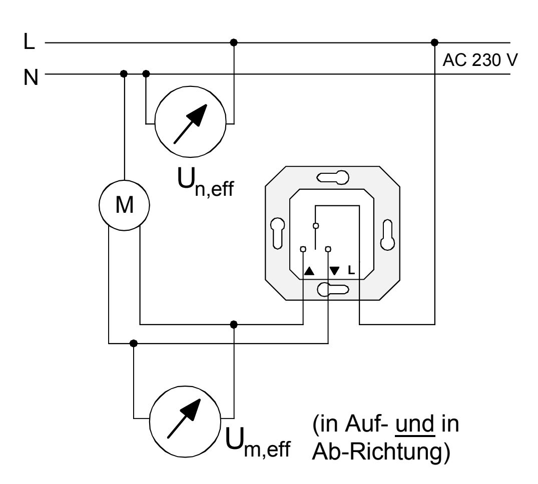


Bild: Messung der Motorspannung

Zur Überprüfung der Motorspannung wird der Motor mit dem mechanischen Jalousieschalter geschaltet. Während der Antrieb läuft, werden Motor- und Netzspannung gemessen. Die Motorspannung darf maximal das 1,8-fache der Netzspannung betragen. Bei 230 V sind dies 420 V; bei 253 V darf die Motorspannung 460 V nicht überschreiten.

Motoren mit elektronischem Endlagenschalter arbeiten – je nach Hersteller – nach unterschiedlichen Prinzipien. Die Funktion dieser Kombination muss für den Einzelfall getestet werden. Hier genügt in der Regel ein einfacher Funktionstest; Schädigungen des Einsatzes durch solche Motoren sind nicht bekannt.

4.2.4 Gruppen- und Zentralsteuerung

Eine „Nebenstelle“ kann auch mehrere Jalousie-Einsätze gleichzeitig ansteuern. Man spricht hierbei von

- Einzelsteuerung,
- Gruppensteuerung und
- Zentralsteuerung,

wobei diese „Nebenstellen“ beliebig kaskadierbar sind, sodass man Jalousien flexibel z. B. einzeln, raumweise, etagenweise und gebäudeweit – auch mit mehr als drei Hierarchiestufen – steuern kann.

Je nach Art des Aufsatzes können die Zentralgeräte z. B. mit einer Zeitsteuerung, einem Memory-Aufsatz oder einer Funk-Fernbedienung ausgestattet werden.

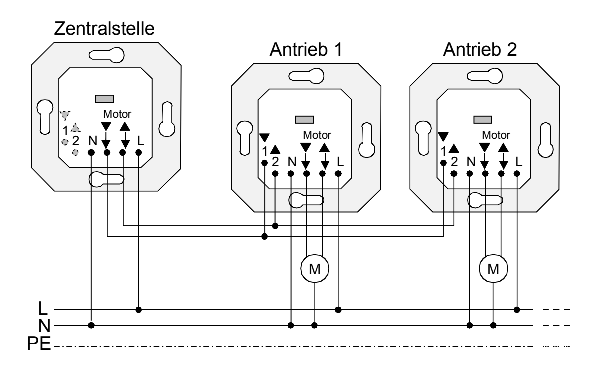


Bild: Gruppensteuerung für zwei Antriebe – einphasig

Da die Nebenstelleneingänge die anliegende Spannung gegen den N-Leiter messen, können kaskadierte Gruppen- und Zentralsteuerungen in größeren Installationen auch phasenübergreifend realisiert werden.

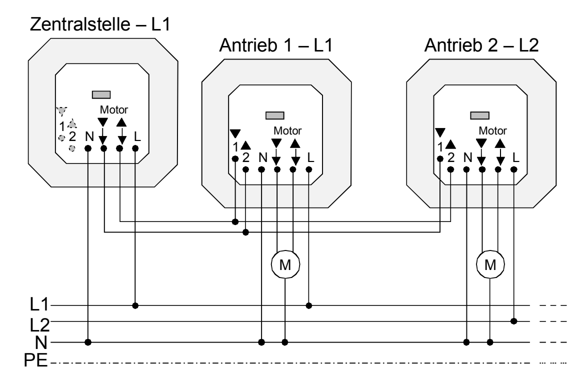


Bild: Gruppen- und Einzelsteuerung auf verschiedenen Phasen

Vorsicht ist geboten in Anlagen mit mehreren FI-Schutzschaltern – sowohl phasenübergreifend als auch nur auf einer Phase. Die Nebenstelleneingänge besitzen eine Stromaufnahme von ca. 1 mA. Damit ein FI-Schalter nicht ungewollt auslöst, müssen hier ggf. Trennrelais eingesetzt werden.

Fehlerstrom-Schutzschalter (oder kurz „FI-Schalter") vergleichen den auf einer Phase entnommenen mit dem über den N-Leiter zurückgeführten Strom. Gibt es hierbei eine Differenz, so ist ein Teil des Stromes als „Fehlerstrom" abgeflossen. Im Fehlerfall – z. B. Fön in der Badewanne – fließt der Fehlerstrom über die Erde ab und kann eine ernste Gefahr für den Anlagenbenutzer darstellen! Daher unterbricht der FI-Schalter den Stromkreis, wenn der Fehlerstrom den Nennwert des FI-Schalters überschreitet. Hausinstallationen sind typischerweise mit FI-Schaltern mit einem Nennwert 30 mA versehen.

Wenn der Steuerstrom einer Zentralsteuerung über einen anderen FI-Schalter abfließt und dessen Nennwert überschreitet, lösen beide FI-Schalter aus und schalten den Stromkreis spannungsfrei. Die beiden FI-Schutzschalter müssen daher mit Hilfe von Trennrelais voneinander entkoppelt werden.

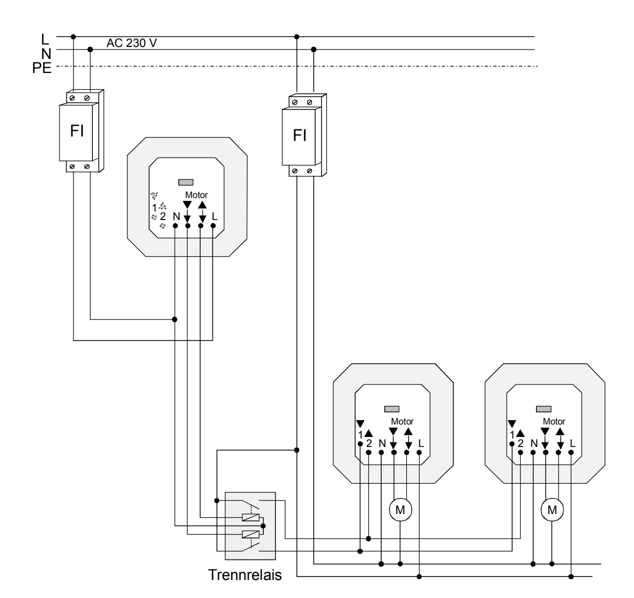


Bild: Installation mit mehreren FI-Schutzschaltern

4.3 Jalousiesteuerungs-Aufsätze

Die meisten Jalousiesteuerungs-Aufsätze stehen wahlweise mit oder ohne Sensorauswertung (Helligkeit- und Glasbruch) zur Verfügung. Der Sensoranschluss erfolgt entweder unter Putz – über die Klemme im Einsatz – oder auf Putz an der Unterseite des Aufsatzes.

4.3.1 Taster-Aufsätze

Taster-Aufsätze ermöglichen die manuelle Bedienung von Rollladen- oder Jalousiemotoren. Sie werden auf den Jalousiesteuerungs-Einsatz aufgesteckt und verfügen über eine Bedienwippe für die Auf- und Abrichtung.

4.3.1.1 Taster-Aufsatz Standard

In der einfachsten Bauform ersetzt dieser Taster-Aufsatz mit einem entsprechenden Einsatz einen mechanischen Jalousietaster; trotzdem hat auch dieser Aufsatz eine „Intelligenz“:

- Er unterscheidet zwischen kurzer und langer Betätigung (</> 1 s); entsprechend steuert er die Relais nur kurz an (Lamellenverstellung) oder lang, um den Behang in die Endlage zu fahren. Ein kurzer Tastendruck während des Fahrbetriebs stoppt den Antrieb vorzeitig.
- Die max. Laufzeit für den Dauerlauf beträgt 2 min; dies ist ausreichend, auch größere Behänge mit relativ langen Laufzeiten sicher in die Endlage zu fahren.
- Bei Umkehr der Laufrichtung schützt eine Umkehrpause von ca. 1 s Antrieb und Elektronik vor Überspannungen.
- Der Taster-Aufsatz wertet die Bedienung der Tasten und auch der Nebenstelleneingänge aus. Hierbei hat der „Auf“-Eingang Vorrang vor der Bedientaste; der „Ab“-Eingang ist der Bedientaste untergeordnet.
- Beim Aufsatz mit Sensoranschluss werden auch die Sensorsignale ausgewertet.
- Entsprechend der Bedien- und Sensorsignale werden die Relais im Einsatz angesteuert.

Um die verschiedenen Zeiten und Bedienungen zu verarbeiten, besitzt der Taster-Aufsatz einen Mikrocontroller. Die Versorgung des Aufsatzes wird aus dem Netzteil im Einsatz bezogen und für die Aufsatzelektronik angepasst.

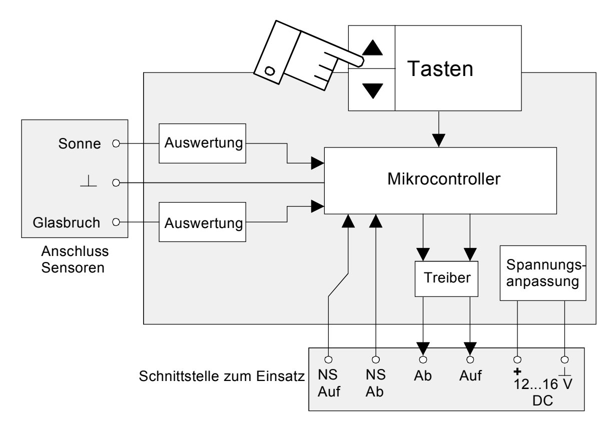


Bild: Taster-Aufsatz – Funktion

4.3.1.2 Taster-Aufsatz mit Memory-Funktion

Der Taster-Aufsatz mit Memory-Funktion verfügt – zusätzlich zur normalen Taster-Funktion – über einen Speicher für jeweils eine Auffahr- und eine Abfahrzeit. Um die gespeicherten Fahrzeiten abzurufen, läuft im Hintergrund eine 24-Stunden-Uhr.

Der Taster-Aufsatz mit Memory-Funktion ist geeignet,

- wenn Behänge täglich zu einem festen Zeitpunkt auf- bzw. abgefahren werden sollen;
- zur Anwesenheitssimulation bei Dienstreise, Urlaub etc.;
- zum automatischen Bedienen von Behängen in selten benutzten Räumen.

Durch seine einfache Bedienung und Programmierung eignet er sich besonders für ältere Menschen und Behinderte.

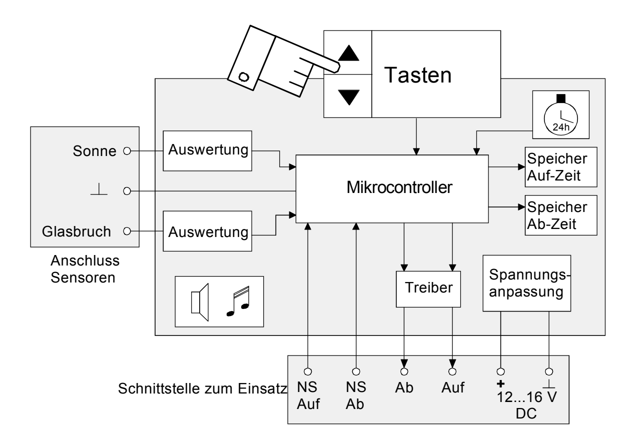


Bild: Taster-Aufsatz mit Memory-Funktion

Folgende Bedienungen sind möglich:

- Fahren und Lamellenverstellung auf/ab;
- Fahrzeit (auf bzw. ab) speichern;
- Betriebsart wechseln (Memory-Betrieb ein/aus);
- Reset (Zeiten löschen).

Die Bedienung erfolgt nur durch die Wippe. Die unterschiedlichen Befehle werden durch die Länge der Betätigungen unterschieden. Eine Orientierungshilfe bietet dabei der eingebaute Summer, der den Speichervorgang mit 5 bis 6 Signaltönen ankündigt und mit einem Dauerton quittiert.

Bei vollflächiger Bedienung (3 s) wird zwischen „Memory-Betrieb“ und manuellem Betrieb umgeschaltet. Der Wechsel der Betriebsart wird ebenfalls quittiert (Memory-Betrieb aus: 1 s Dauerton; ein: vier kurze Töne). Nach 7 s werden die gespeicherten Zeiten gelöscht (Reset); dies wird mit einem Dauerton von 3 s quittiert.

Manuelle Bedienung ist in beiden Betriebsarten möglich.

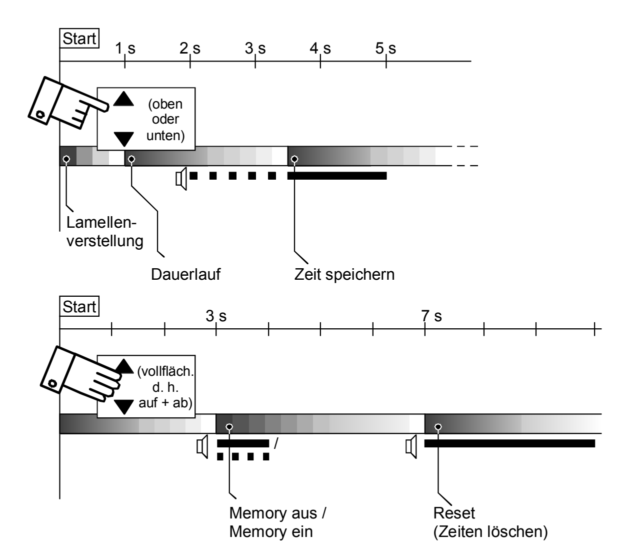


Bild: Memory-Taster – Bedienung

Die gespeicherten Zeiten werden gelöscht, wenn die Versorgungsspannung länger als ca. 30 min ausfällt. Dauert der Netzausfall weniger als 30 min, so bleiben die Zeiten zwar gespeichert, jedoch kann die interne Uhr nicht weiterlaufen; die Schaltzeiten werden daher um die Dauer des Netzausfalls verschoben. Bei Netzwiederkehr – ebenso wie nach Reset – ist der Memory-Betrieb eingeschaltet.

Als „Zeituhr“ im Memory-Aufsatz dienen zwei Zähler („Counter“), jeweils einer für die Auf- und die Ab-Richtung. Beim Speichern einer Fahrzeit wird der entsprechende Zähler auf den Wert 5400 eingestellt. Der Zähler zählt dann im 16-Sekunden-Takt rückwärts bis 0. Bei 0 sind 24 Stunden vergangen; der Zähler wird wieder auf 5400 gesetzt, und der betreffende Fahrbefehl wird ausgeführt. Der Vorgang wiederholt sich alle 24 Stunden. Die Genauigkeit einer Uhr wird nicht erreicht, pro Monat können sich Abweichungen von ca. 5 Minuten ergeben. In der Praxis egalisieren sich diese Abweichungen, da der Anwender durch den jahreszeitlichen Wechsel von Sonnenauf- und -untergangszeit hin und wieder neue Fahrzeiten speichert.

4.3.1.3 Taster-Aufsatz mit Funk-Empfänger

Durch die Integration in ein Funk-System können Behänge komfortabel über Funk-Fernbedienung gesteuert oder in komplexere Zentral- und Szenensteuerungen eingebunden werden, ohne zusätzlichen Leitungs- und Geräteaufwand.

Die Signalübertragung erfolgt beim Funk-System drahtlos über Funkwellen, die auch Decken und Wände durchdringen. Das Trägersignal – im ISM-Band bei 433,42 MHz – wird ASK-moduliert. Die Reichweite beträgt im Freifeld ca. 100 m; in Gebäuden können üblicherweise bis zu drei Wände und zwei Decken durchdrungen werden.

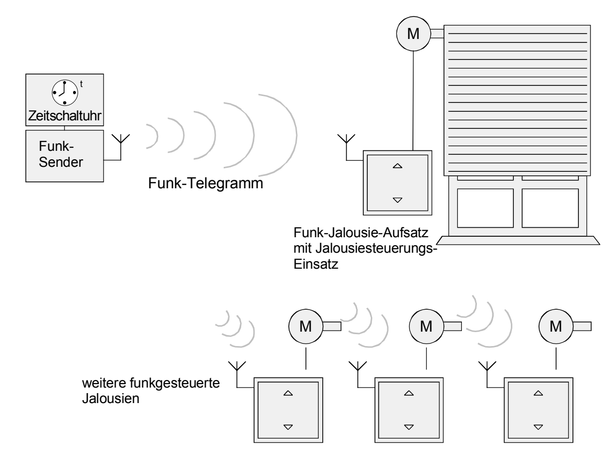


Bild: Taster-Aufsatz mit Funk-Empfänger – Einsatz

Als Sender können Hand- oder Wandsender, mit Hilfe von Universal- oder Multifunktionssendern auch andere Sensoren oder normale Schalter verwendet werden. Die Endlagen – ganz oben oder ganz unten – können in Lichtszenen eingebunden werden. Hierfür stehen fünf Speicherplätze zur Verfügung.

Der Funk-Taster-Aufsatz kann 30 Sender einlernen.

Der Lernvorgang eines Funk-Senders wird eingeleitet, indem beide Tasten des Aufsatzes („Auf“ und „Ab“) mindestens 3 s lang betätigt werden. Während der folgenden Minute kann ein Funk-Sender gelernt werden. Dies wird durch einen langpulsierenden Ton signalisiert. Der gewünschte Funk-Sender muss nun ein (Funk-) Telegramm auslösen:

- Ein „normaler“ Funk-Kanal muss ca. 1 s betätigt werden.
- Eine Lichtszenentaste muss mindestens 3 s betätigt werden.
- Zum Speichern einer „Alles Ein“- bzw. „Alles Aus“-Taste muss diese mindestens 10 s lang betätigt werden.

Der erfolgreiche Speichervorgang wird durch einen Dauerton (ca. 1 min) bestätigt. Er kann jederzeit durch einen einfachen Tastendruck abgebrochen werden.

„Gelernte“ Funk-Sender können jederzeit wieder durch einen erneuten Lernvorgang gelöscht werden. Der Löschvorgang wird durch einen kurzpulsierenden Ton angezeigt.

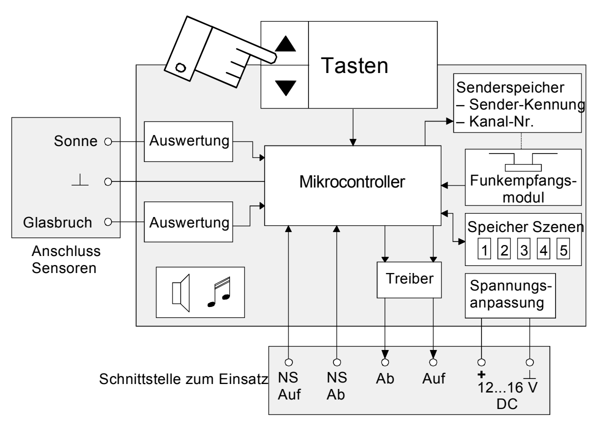


Bild: Taster-Aufsatz mit Funk-Empfänger

4.3.2 Zeitsteuerungs-Aufsätze

Für die individuellen Anforderungen unterschiedlicher Anlagentypen und Benutzer wurden mehrere Zeitsteuerungs-Aufsätze entwickelt:

- Umfassende Automatisierung einschließlich Auswertung von Windalarm bietet der Zeitsteuerungs-Aufsatz „Komfort“.
- Der Aufsatz mit Sensoranschluss wertet zusätzlich Glasbruch- und Sonnen-/Dämmerungssensoren aus.
- Preiswerte Lösungen für kleinere Anlagen und Ansprüche ermöglicht der Aufsatz „Easy“.

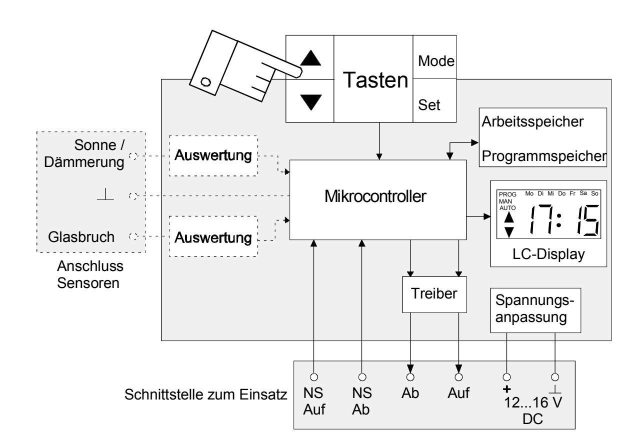


Bild: Funktion eines Zeitsteuerungs-Aufsatzes

	„Komfort“	„Komfort“ mit Sensoranschluss	„Easy“
Vor-Ort-Bedienung	+	+	+
Nebenstellen-Bedienung *)	+ *)	+ *)	–
Zentralsteuerung *)	+ *)	+ *)	–
Windalarm *)	+ *)	+ *)	–
Sensorauswertung	–	+ **)	–
Zeitprogramme	18	18	2 + 2
Astro-Betrieb	+	+	–
Zufallsverschiebung	+	+	–
Sommer-/Winterzeit ***)	+	+	–
Umkehrpause	ca. 1 s	ca. 1 s	ca. 1 s
Gangreserve	ca. 24 Std.	ca. 24 Std.	> 6 Std.
Dauerlauf ab	1,5 s ... 12 min	1,5 s ... 12 min	2 min (fest)
auf	2 ... 12 min	2 ... 12 min	

*) Leistungs-Einsatz mit Nebenstellen-Eingängen erforderlich. (Nebenstellen-Auswertung im Einsatz)
**) Mit Helligkeitssensor: Sonnenschutz- und Dämmerungsfunktion, Grenzwerte einstellbar.
***) Manuelle Umstellung.

Tabelle: Jalousie-Zeitsteuerungs-Aufsätze – Übersicht

4.3.2.1 Zeitsteuerungs-Aufsatz „Komfort“

Der Jalousie-Zeitsteuerungs-Aufsatz „Komfort“ ist das leistungsfähigste Gerät innerhalb des Jalousiesteuerungs-Systems. Er wird sowohl mit als auch ohne Sensoranschluss gefertigt.

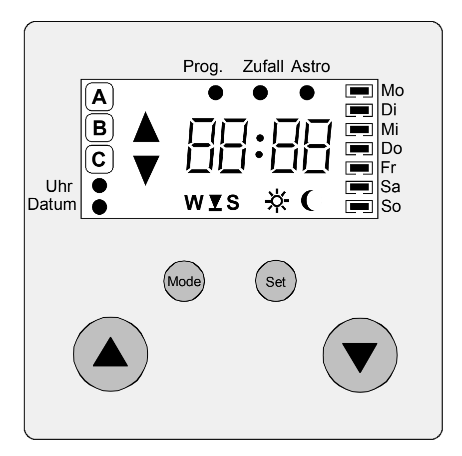


Bild: Zeitsteuerungs-Aufsatz „Komfort“

Zeitprogramme

Für den Automatik-Betrieb können bis zu 18 Schaltzeiten programmiert werden. Diese Schaltzeiten können auf 3 Programmspeicher („A“, „B“ und „C“) frei verteilt werden, sodass variable „Zeit-Profile“ gebildet werden können.

Beispiele für Zeit-Profile:

- Programmspeicher A: „Alltag + Wochenende“ – enthält Schaltzeiten für den normalen Arbeitstag.
- Programmspeicher B: „Feiertag“ – an arbeitsfreien Tagen schläft man aus und beginnt den Tag später.
- Programmspeicher C: „Urlaub“ – für Zeiten, in denen niemand anwesend ist, empfiehlt sich ein Zeit-Profil, in dem Alltags- und Wochenendzeiten enthalten sind.
- Je nach Wunsch kann für jedes Zeitprogramm Astro- und Zufalls-Betrieb aktiviert werden.

Ein aktives Zeit-Profil wird mit seinem Programmspeicher-Buchstaben im Display angezeigt. Der Wechsel erfolgt durch Drücken der Taste „Mode“; es werden nacheinander die Zeit-Profile und – als weitere Betriebsart – manueller Betrieb (kein Zeit-Profil aktiv) durchgetastet.

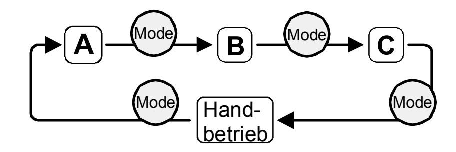


Bild: Zeitsteuerungs-Aufsatz „Komfort“ – Betriebsarten

Wichtigste Daten eines Zeitprogramms sind Richtung des Fahrbefehls und die Uhrzeit. Ein Zeitprogramm kann außerdem an einem oder mehreren Wochentagen ausgeführt werden. Zusätzlich kann das Zeitprogramm den gespeicherten Astro-Zeiten angepasst werden.

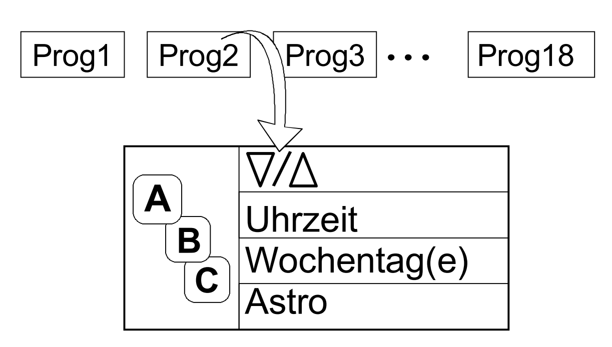


Bild: Programmspeicher für Zeitprogramme

Bedienung

Zur Bedienung des Zeitsteuerungs-Aufsatzes genügen vier Tasten:

- Die Tasten „Auf“ und „Ab“ (∆,∇) dienen zum manuellen Bedienen; innerhalb der Menüstruktur auch zum „Navigieren“ und zum Einstellen von Datum und anderen Werten.
- Wenn die Taste „Set“ länger als 3 s betätigt wird, wechselt der Aufsatz in den Programmiermodus. Hier schaltet man mit der Taste durch die einzelnen Menüpunkte.

  Kurze Betätigung schaltet um zwischen Sommer- und Winterzeit und aktiviert die gespeicherte Laufzeit.
- Die Taste „Mode“ wechselt im normalen Betrieb die aktiven Zeit-Profile bzw. aktiviert den manuellen Betrieb. Im Programmiermodus wird die Taste benutzt, um Schaltzeiten für einzelne oder mehrere Tage zu programmieren.

Die Programmierung erfolgt mittels einer übersichtlich gestalteten Menüstruktur.

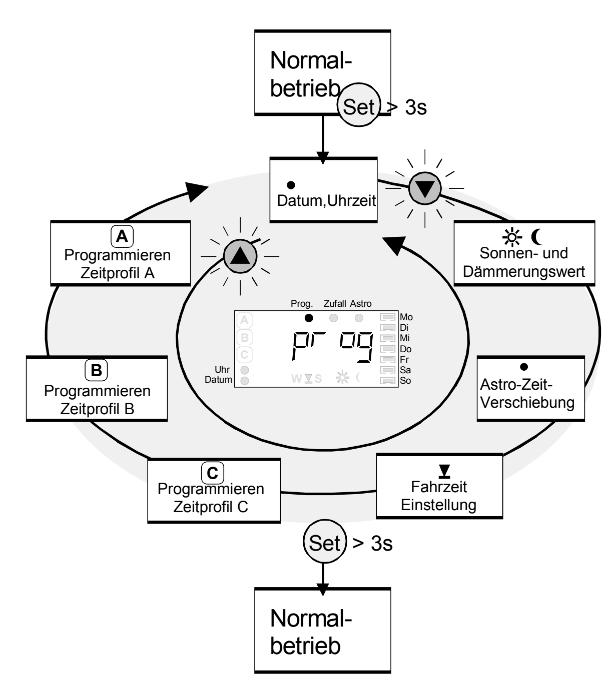


Bild: Zeitsteuerungs-Aufsatz „Komfort“ – Übersicht Menüstruktur

Behang-Laufzeit

Die maximale Laufzeit kann zwischen ca. 1 s und 12 min eingestellt werden. So können Behänge zeitgesteuert – je nach Bedürfnis – auch nur teilweise heruntergefahren werden. Um den Behang dann komplett herunter zu fahren, ist ein weiterer Fahrbefehl nach unten auszulösen.

Astro-Funktion

Im Jahresverlauf ändern sich die Zeiten für Sonnenauf- und -untergang. Soll nun ein Behang zum Sonnenaufgang geöffnet und bei Sonnenuntergang wieder geschlossen werden, können die programmierten Zeiten hieran angepasst werden. Zu diesem Zweck berechnet der Zeitsteuerungs-Aufsatz „Komfort“ für jeden Tag des Jahres den Zeitpunkt von Sonnenauf- und –untergang (ca. Standort Würzburg). Die Anpassung der „Astrozeit“ erfolgt wöchentlich.

Durch Zuschalten des Astroprogramms werden die programmierten Auf-Fahrzeiten, die in der dunklen Zeit am Morgen eines Tages liegen, erst zum Zeitpunkt des Sonnenaufgangs ausgeführt. Programmierte Ab-Fahrzeiten, die in der dunklen Zeit am Abend eines Tages liegen, werden bereits zum Zeitpunkt des Sonnenuntergangs ausgeführt. In der Tageshelligkeit liegende Schaltzeiten bleiben vom Astro-Programm unberührt.

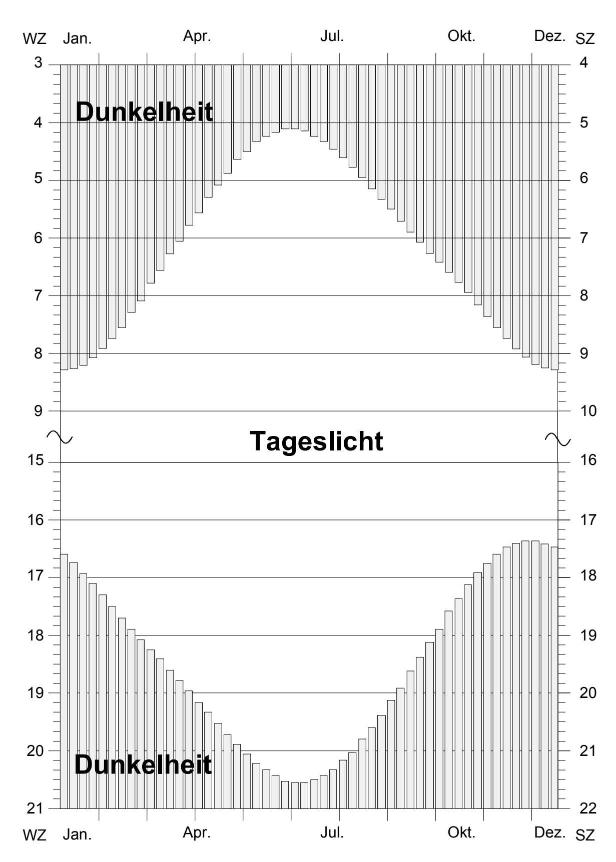


Bild: Astro-Schaltzeiten im Jahresverlauf

Beispiele

- Schaltzeit 1: Mo – So: 4:00h Auf
  Schaltzeit 2: Mo – So: 22:00h Ab
  Beide Zeiten liegen während des gesamten Jahres in der Dunkelheit; es werden also nicht die angegebenen Zeiten, sondern die Astro-Zeiten ausgeführt.
- Schaltzeit 1: Mo – So: 6:30h Auf
  Schaltzeit 2: Mo – So: 19:10h Ab
  Die Jalousie fährt morgens mit dem Sonnenaufgang – frühestens aber um 6:30 Uhr – auf, und am Abend bei Sonnenuntergang – spätestens aber um 19:10 Uhr – ab.

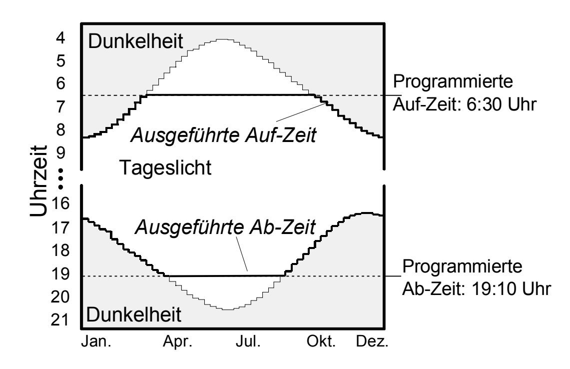


Bild: Beispiel für Astro-Funktion

Astrozeit-Verschiebung

Zur Anpassung der programmierten Astrozeiten an die örtlichen Gegebenheiten oder das individuelle Empfinden des Anwenders können die Astrozeiten für Sonnenauf- und Sonnenuntergang unabhängig voneinander um max. 1h 59 min verschoben werden.

Ausrichtung eines Fensters nach Osten oder Westen, Verdeckung des Fensters durch Hanglage oder Baumwuchs führt dazu, dass z. B. die Sonne an einigen Orten „früher untergeht".

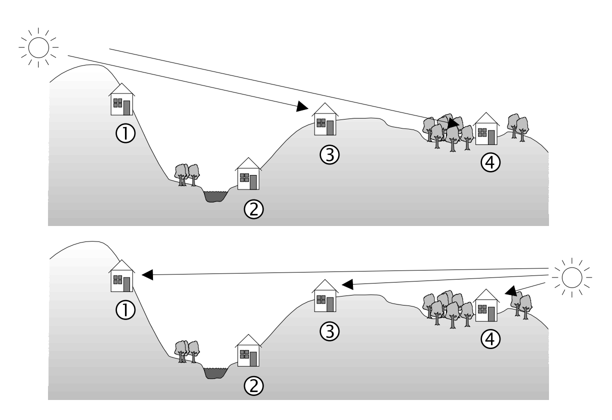


Bild: Anwendung der Astrozeit-Verschiebung

Beispiele:

- Haus 1: Die aufgehende Sonne wird durch die Hanglage verdeckt. Andererseits ist durch die exponierte Lage abends erheblich länger Licht vorhanden. Beide Astrozeiten können z. B. um ca. 30 min nach hinten verschoben werden.
- Haus 2: Durch die Tallage geht die Sonne später auf und früher unter. Ost- und Westseite werden etwa gleich erhellt. Die Astrozeit für Sonnenaufgang kann z. B. 30 min zurück-, die für Sonnenuntergang etwa 30 min vorverlegt werden.
- Haus 3: Das Haus liegt auf einer Hochebene. Sonnenauf- und -untergangszeiten unterscheiden sich nur durch die Himmelsrichtung, d. h. bei den Fenstern mit Blick nach Osten wird es morgens etwas eher hell als auf der Westseite; abends ist es dort etwas länger hell. Entsprechend können die Astrozeiten auf Ost- und Westseite jeweils um einige Minuten korrigiert werden.
- Haus 4: Die Lage des Hauses ist ähnlich wie bei Haus 3; allerdings verdeckt der Waldbestand die untere Etage des Hauses. Im Erdgeschoss können die Astrozeiten einige Minuten zurück- bzw. vorverlegt werden; im Dachgeschoss gleicht das Programm dem in Haus 3.

Für Etagenwohnungen in Innenstädten ergeben sich zeitliche Unterschiede durch Straßenschluchten oder Hinterhöfe, die Etagenanzahl des Hauses und das Stockwerk, indem sich die Wohnung befindet.

Auch persönliche Vorlieben können durch die Astrozeit-Verschiebung berücksichtigt werden, z. B. „Fahren eines Behangs ½ Stunde vor Sonnenaufgang, jedoch nicht früher als 6:30 Uhr".

Zeitverschiebungen durch die geographische Länge können auch korrigiert werden, sind allerdings innerhalb Deutschlands weniger bedeutend und betragen bestenfalls ca. 20 min. Einflüsse durch die täglich sich ändernde Wetterlage – ist der Himmel bedeckt oder wolkenlos – und die erwähnten lokalen Bedingungen dürften erheblich größer sein. Mit einem zusätzlich installierten Helligkeitssensor kann individuell auf die aktuelle Wetterlage reagiert werden.



Bild: Astro-Verschiebung in Ost-West-Richtung

Zufallsfunktion

Eine gespeicherte Fahrzeit kann um +/– 15 Minuten „zufällig" variiert werden. Diese Zeit wird täglich neu berechnet und für alle Fahrzeiten angewendet, bei denen die Zufallsfunktion aktiviert ist.

Ist für eine Fahrzeit sowohl Astro- als auch Zufallsfunktion aktiviert, so wird die Astrozeit berechnet und anschließend diese Zeit entsprechend „zufällig" verschoben.

Anwesenheitssimulation

Astro- und Zufallsfunktion werden nicht global auf alle Schaltzeiten angewendet, sondern können jeder Auf- und Abzeit individuell zugewiesen werden. Die Auf- und Ab-Fahrzeiten der Jalousie werden so variiert, dass für Außenstehende der Eindruck entsteht, dass die Wohnung bzw. das Haus bewohnt ist. Astro- und Zufallsfunktion dienen damit zur Anwesenheitssimulation.

Sonnenschutzfunktion

Wenn an den Aufsatz mit Sensoranschluss ein Helligkeitssensor angeschlossen wird, steht eine Sonnenschutzfunktion zur Verfügung. An hellen Tagen – vor allem im Sommer – entstehen in der Sonne Beleuchtungsstärken von 80.000 lx und mehr. Zum Schutz von Schaufensterauslagen, Blumenfenstern oder Fensterarbeitsplätzen wird bei Überschreiten des eingestellten Grenzwertes der Behang herunter gefahren und nach Unterschreiten wieder hinauf. Damit kurzzeitige Änderungen der Helligkeit nicht zu einem Fahrbefehl führen, muss der Grenzwert 2 min über- bzw. 15 min unterschritten sein, um die Aktion auszuführen.

Die Sonnenschutzfunktion wird nur ausgeführt, wenn sich der Behang in der oberen Endlage befindet, d. h. er muss zuletzt für die eingestellte Laufzeit aufgefahren worden sein (nur über Bedienung direkt am Aufsatz, nicht über Nebenstelle).

Der Helligkeits-Grenzwert kann bei dem Zeitsteuerungs-Aufsatz mit Sensoranschluss variabel eingestellt werden. Die Anzeige der Helligkeitswerte im Display ist ein relativer Wert (0...99). Die Tabelle zeigt die Zuordnung der zum Anzeigewert gehörenden Helligkeitswerte.

Anzeige z. B.	Beleuchtungsstärke (ca. Lux)
3	1.500
8	4.800
15	10.000
25	21.000
40	37.000
68	74.000
70	76.000

Tabelle: Sonnenschutzfunktion – Richtwerte

Dämmerungsfunktion

Ein installierter Helligkeitssensor kann auch für eine Dämmerungsfunktion genutzt werden. Diese Funktion fährt den Behang automatisch nach unten, wenn es dunkel wird. Vier Minuten nach Unterschreiten des Helligkeitswerts wird der Behang bis zur Endlage heruntergefahren.

Die Dämmerungsfunktion wird erst 2 Stunden vor der Astrozeit des Sonnenuntergangs aktiviert. So wird vermieden, dass ein tagsüber abgedunkelter Sensor den Behang ungewollt nach unten fährt. Die Dämmerungsfunktion wird als eine Schaltzeit mit Astrofunktion programmiert. Da hiermit die Astrozeit des Sonnenuntergangs ersetzt wird, steht diese Funktion nur für diesen Jalousiesteuerungs-Aufsatz zur Verfügung.

Die Anzeige der Helligkeitswerte im Display erfolgt relativ (0...99) und reicht von ca. 6 bis 300 lx:

Anzeige z. B.	Beleuchtungsstärke (ca. Lux)
0	6
10	17
30	50
50	80
70	135
90	220
98	300

Tabelle: Dämmerungsfunktion – Richtwerte

Glasbruch-Anzeige

Wenn ein installierter Glasbruchsensor angesprochen hat, wird der Behang heruntergefahren und das Display zeigt die Meldung „Glas“:

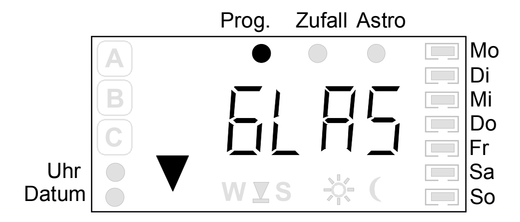


Bild: Glasbruchanzeige

Der Behang kann anschließend nach oben gefahren werden (z. B. zwecks Reparaturarbeiten; nur mit lokaler Bedienung); vorher sind alle weiteren Funktionen gesperrt.

Wird der Glasbruchsensor während des Beriebes entfernt, fährt die Jalousie ab.

Was tun wenn .....

... die Jalousie bei aktivierter Dämmerungsfunktion nicht herunter fährt?

Bei Dämmerung und aktivierter Dämmerungsfunktion blinkt das Symbol ☾. Die Dämmerungsfunktion ist mit der Astrofunktion verknüpft (Aktivierung ca. 120 Min. vor Astrozeit). Für jeden Tag, an dem die Dämmerungsfunktion ausgeführt werden soll, muss daher eine Schaltzeit mit Astro programmiert werden. (z. B.: Mo-So 21:00 Uhr, Astro). In diesem Fall wird die Dämmerungsfunktion die ganze Woche ausgeführt.

... individuelle Behang-Laufzeiten nicht ausgeführt werden?

„Gelernten“ Laufzeiten werden nur aus der oberen Endlage ausgeführt. Die Jalousie muss hierzu nach oben gefahren werden, bis das Relais den Stromkreis unterbricht.

... die Jalousie bei Sonnenschutzfunktion nach einer Stunde die Position korrigiert?

Die Jalousie fährt nach jeder Stunde, entsprechend dem aktuellen Sonnenstand, in die für Sonnenschutz günstigste Position.

... die Jalousie bei Sonnenschutz zu weit schließt (den Sensor überfährt)?

Die Helligkeit ist hinter der Jalousie (am Sensor) noch höher als der voreingestellte Wert. Helligkeitswert neu einstellen.

...die Jalousie bei aktivierter Dämmerungsfunktion abends nicht abgefahren wird?

Der Dämmerungswert wird nicht unterschritten. Eventuell fällt Fremdlicht auf den Sensor.

...die Astrozeiten nicht korrekt ausgeführt werden, bzw. starke Abweichungen zum Sonnenauf- und Sonnenuntergang zeigen?

Prüfen Sie die Einstellung des Datums und die Einstellungen der Astrozeitverschiebungen.

... die Betriebsspannung ausgefallen war?

Die Anzeige zeigt anstelle der Uhrzeit „--:--“; die Gangreserve von 24 Stunden ist aktiviert. Bei Spannungswiederkehr innerhalb von 24 Stunden nimmt das Gerät den eingestellten Betrieb wieder auf. Nach längerem Spannungsausfall müssen Uhrzeit und Datum neu eingegeben werden; die Programmierung bleibt erhalten.

... die Jalousie nicht in die untere Endlage fährt, sondern vorher stehenbleibt?

Prüfen Sie, ob die gelernte Laufzeit für das vollständige Abfahren der Jalousie zu kurz ist.

... kein Sensor angeschlossen ist, die Sensorfunktionen aber aktiviert sind?

Eine Sonnenschutzfunktion wird nicht ausgeführt. Die Dämmerungsfunktion wird ca. 120 Min. vor Sonnenuntergang (Astrozeit) ausgeführt. Die Glasbruchfunktion wird nicht ausgeführt.

... das Gerät nicht auf Tastendruck reagiert?

Wenn das Symbol ∆ in der Anzeige blinkt, liegt ein Auf-Befehl oder Windalarm an der Nebenstelle an. In dieser Zeit ist die Jalousie nicht manuell oder automatisch bedienbar.

... die Jalousie – scheinbar ohne Grund – heruntergefahren ist?

Wenn in der Anzeige „GLAS“ angezeigt wird, ist Glasbruchalarm ausgelöst worden. Die Jalousie kann mit der „Auf“-Taste aufgefahren werden.

... das Herunterfahren der Jalousie (z. B. für eine Gartenparty) deaktiviert werden soll?

Schalten Sie das Gerät auf manuelle Bedienung, indem Sie mit der Taste MODE die Programmspeicher A, B und C deaktivieren. (Symbole sind in der Anzeige nicht mehr sichtbar). Das Gerät ist nun im manuellen Betrieb, programmierte Zeiten werden nicht ausgeführt.

... der Jalousiemotor abschaltet und sich nicht mehr bewegen lässt?

Bei häufigem Fahren kann die Überlastschaltung des Motors ansprechen und den Motor vorzeitig anhalten. Abkühlung abwarten; Hinweise der Motorenhersteller beachten.

... das Gerät auf Werkseinstellung zurückgesetzt werden soll?

Führen Sie einen RESET aus. Drücken Sie dazu die Tasten SET und MODE gleichzeitig für ca. 7 Sekunden.

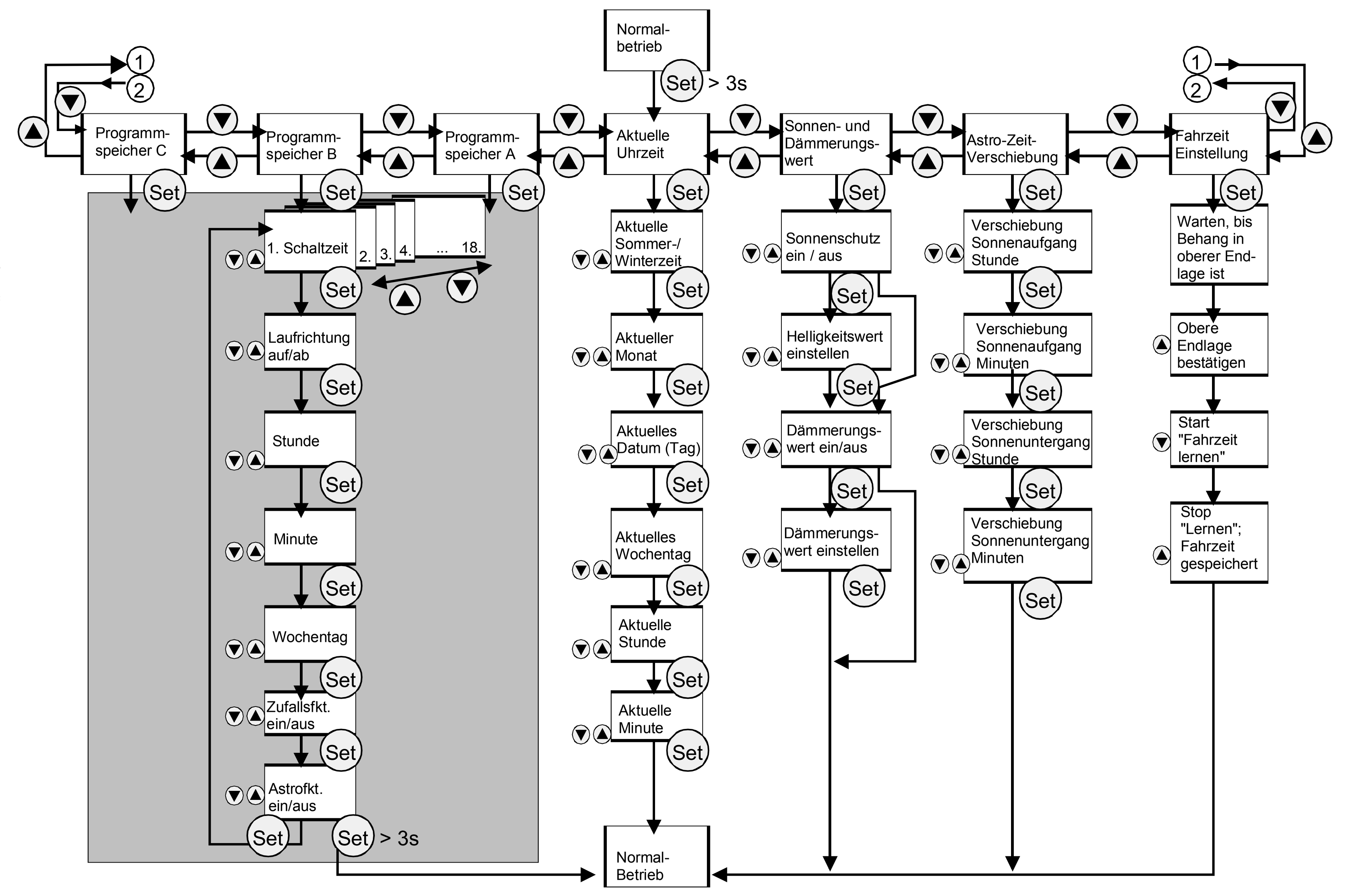


Bild: Jalousie-Zeitschaltuhr „Komfort“ – Bedienung

4.3.2.2 Zeitsteuerungs-Aufsatz „Easy“

Die Zeitschaltuhr „Easy“ empfiehlt sich als „kleine Lösung“, wenn Jalousien zeitabhängig gefahren werden sollen, man aber auf Sensorauswertung, Astrofunktion, Zufalls- und Nebenstellenbetrieb sowie eine größere Anzahl an Zeitprogrammen verzichten möchte.

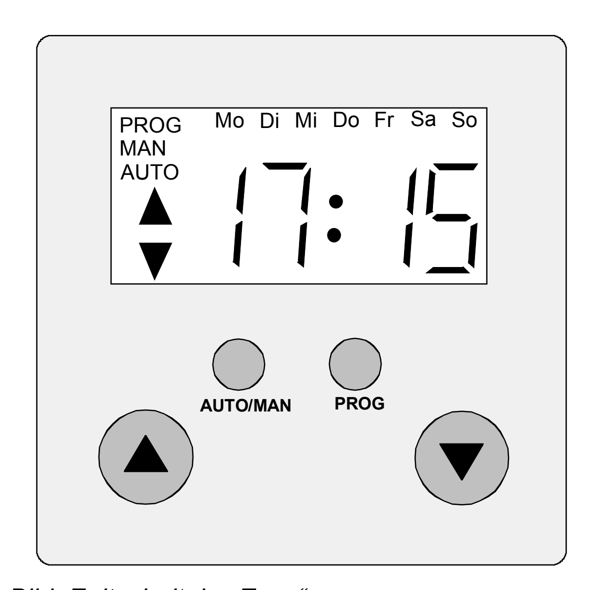


Bild: Zeitschaltuhr „Easy“

Zeitprogramme

Insgesamt stehen vier Zeitprogramme zur Verfügung:

- Herunterfahren Montag bis Freitag;
- Auffahren Montag bis Freitag;
- Herunterfahren Samstag und Sonntag;
- Auffahren Samstag und Sonntag.

Bedienung

Entsprechend der Funktionalität reduziert sich die Bedienung auf wenige Handgriffe:

- Die Tasten „Auf“ und „Ab“ (∆, ∇) betätigen den Behang per Hand.
- Wenn die Taste „Prog“ länger als 3 s betätigt wird, wechselt der Aufsatz in den Programmiermodus.
- Mit einer „Schnellprogrammierung“ wird die jeweils aktuelle Zeit zusammen mit einem Fahrbefehl als Programm gespeichert.
- Die Tasten „Auto/Man“ und „Prog“ gleichzeitig gedrückt setzen den Aufsatz auf die Werkseinstellung zurück.

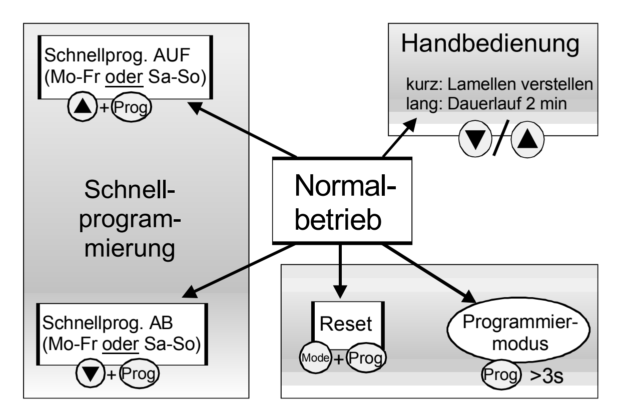


Bild: Zeitschaltuhr „Easy“ – Bedienung

Programmierung

In den Programmiermodus gelangt man, indem die Taste „Prog“ 3 s lang betätigt wird. Anschließend werden aktuelle Uhrzeit und Wochentag und die vier Zeitprogramme programmiert.

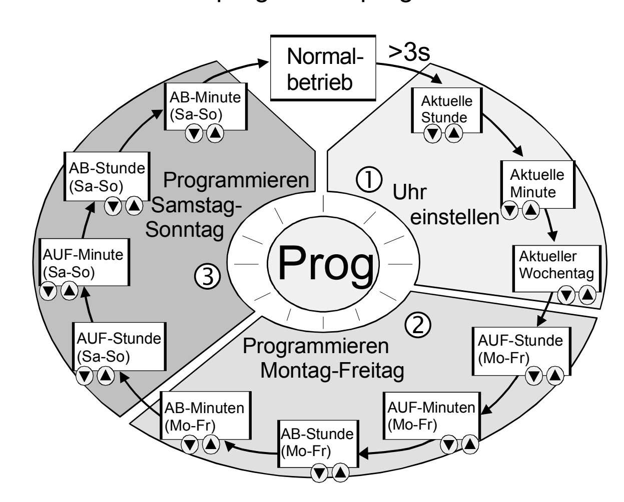


Bild: Zeitschaltuhr „Easy“ – Programmiermodus

4.4 Sensorik

Mit Hilfe geeigneter Sensoren wird eine Jalousie-steuerung erweitert um die Funktionen

- Sonnenschutz – der Behang wird bei zu starker Sonneneinstrahlung automatisch herabgefahren;
- Dämmerungsfunktion – bei hereinbrechender Dunkelheit wird eine Jalousie als Sichtschutz heruntergefahren;
- Glasbruch – bei Zerstörung der Fenster-scheibe wird der Behang herunter gefahren;
- Windalarm – Jalousien können bei zu starkem Wind zerstört werden und werden daher heraufgefahren.

Für Helligkeits- und Glasbruchsensor werden Aufsätze mit Sensoranschluss benötigt. Der Betrieb eines Windsensors ist unabhängig von der Art des Aufsatzes (Ausnahme: „Easy“-Uhr), erfordert aber den Einsatz mit Nebenstellen-eingang.

4.4.1 Sonnen-/Dämmerungssensor

Sonnenschutz- und Dämmerungsfunktion nutzen den selben Helligkeitssensor.

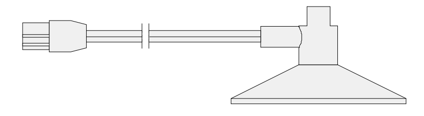


Bild: Helligkeitssensor für Jalousie-Steuerung

Der Sensor ist im Zentrum eines Saugnapfes untergebracht und wird auf der Fensterscheibe befestigt. Es handelt sich hierbei um eine Foto-diode, deren Widerstand sich durch Lichteinfall verändert.

Im Unterschied zu Fotowiderständen enthalten Fotodioden als wesentliches Merkmal einen PN-Übergang, sind also strom-abhängig. Die Fotodiode wird in Sperrrichtung betrieben und lässt den Sperrstrom mit zunehmender Beleuchtungsstärke fast linear ansteigen. Die Grenzfrequenz von Fotodioden liegt bei einigen 100 kHz (Fotowiderstände ca. 1 kHz).

Sensorsignal

Der Helligkeitssensor erzeugt auf der Sensorlei-tung eine Sägezahnspannung, dessen Frequenz mit der Helligkeit steigt.

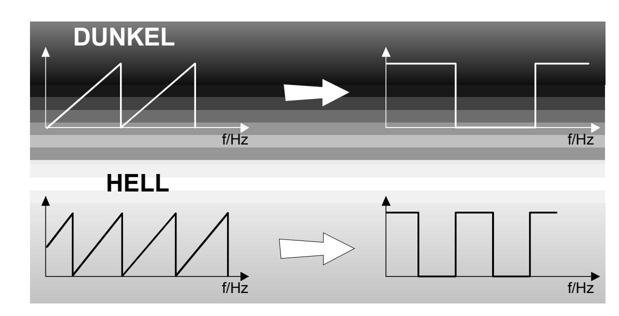


Bild: Signalpegel auf Sensorleitung

Der Sensor ist hochohmig; daher ist das Signal nicht belastbar. Da der Prozessor des Aufsatzes die Sägezahnform nur schlecht auswerten kann, wird das Signal geräteintern in ein Rechtecksig-nal umgeformt.

	Sonnenschutzfunktion	Dämmerungsfunktion
Zweck	Schutz vor zu großer Helligkeit (Blumen-fenster, Bildschirmarbeitsplätze)	Sichtschutz, Einbruchschutz
Aufsätze	Alle Aufsätze mit Sensoranschluss	Zeitaufsatz „Komfort“ mit Sensoranschluss
Schwellwert	• ca. 20.000 lx (Taster-Aufsätze) • ca. 1.000 ... 100.000 lx (Zeitaufsatz „Komfort“ mit Sensoranschluss)	ca. 6 ... 300 lx
Herunterfahren wenn	Schwellwert *über*schritten	Schwellwert *unter*schritten
Herunterfahren bis	Sensorposition (kurze Auf- und Ab-Fahrt, damit Sensor frei)	Endlage
Nachführen	wenn Lichtverhältnisse sich ändern (Sonnenstand)	Kein Nachführen
Automatisch Auf-Fahren	wenn Schwellwert unterschritten	Kein Auf-Fahren (Sensor wird durch Behang komplett verdeckt)
Funktion sperren:	durch kurze Handbedienung (Behang muss in oberer Endlage sein, damit Funktion aktiv)	kein Sperren (Funktion aktiv 2 Stunden vor Sonnenuntergang)

Tabelle: Sonnenschutz- und Dämmerungsfunktion

Die Frequenz dieser Rechteckspannung ist ein Maß für die Helligkeit und wird vom Aufsatz für die Dämmerungs- und Sonnenschutzfunktion entsprechend ausgewertet.

4.4.2 Glasbruchsensor

Der Glasbruchsensor überwacht ebene Glasflächen innerhalb eines Radius' von max. 2 m. Bei Zerstörung der Fensterscheibe wird die Jalousie zum Schutz gegen Witterung in die untere Endlage gefahren. Es dürfen bis zu 10 Glasbruchsensoren in Reihe geschaltet werden, sodass mit einer Bedienstelle bis zu 10 Fensterscheiben überwacht werden können.

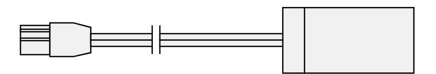


Bild: Glasbruchsensor für Jalousie-Steuerung

Die genaue „Reichweite“ des Sensors ist abhängig von der Scheibenstärke, dem Rahmen und der Kittung. Mechanische Schwingungen, die den Sensor nicht in der entsprechenden Intensität erreichen (z. B. Ritzen der Scheibe) werden vom Sensor nicht erkannt. Fensterscheiben mit unebener Oberfläche (Struktur-, Drahtglas oder Verbundglasscheiben) erzeugen eine zu hohe Dämpfung und können nicht mit dem Glasbruchsensor überwacht werden. Das Glas darf auch nicht mit Folie beklebt sein oder Sprünge aufweisen. Fremdkörper zwischen Sensor und Glasscheibe beeinträchtigen die Empfindlichkeit.

Die Klebestellen auf der Scheibe und auf dem Glasbruchsensor müssen zunächst gereinigt bzw. entfettet werden. Der Glasbruchsensor wird mit einem geeigneten Kleber an der Fensterscheibe befestigt. Die Angaben des Klebstoffherstellers müssen dabei genau beachtet werden.

Um eine sichere Funktion zu gewährleisten, muss vom Fensterrahmen ausreichender Abstand eingehalten werden.

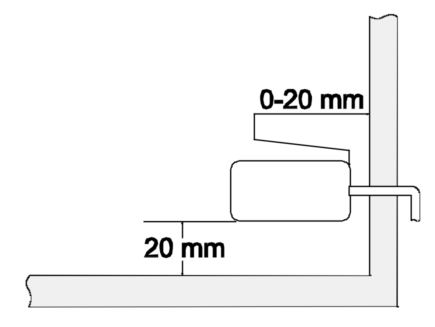


Bild: Montage des Glasbruchsensors

Bei erkanntem Glasbruch ist die Bedienung des Behangs über den Nebenstelleneingang und somit auch durch übergeordnete Gruppen- und Zentralsteuerungen gesperrt.

Damit ist auch die Windschutzfunktion – die die Jalousie vor Beschädigung durch Sturm schützen soll (Jalousie fährt auf) – nach Glasbruch gesperrt! Windempfindliche Außenjalousien können so bei gleichzeitigem Auftreten von Glasbruch und Windalarm zerstört werden; deshalb dürfen Glasbruchsensoren nicht zusammen mit dem Windsensor verwendet werden!

Funktionsprinzip

Das Funktionsprinzip des Glasbruchsensors basiert auf dem piezoelektrischen Effekt.

Beim piezoelektrischen Effekt bewirken mechanische Druckbelastung eines Kristalls eine Polarisation und somit ein elektrisches Potential. Umgekehrt kann eine elektrische Spannung an manchen Kristallen eine Verformung hervorrufen. Der piezoelektrische Effekt (griech. piezein: drücken) wurde 1880 durch Pierre und Jacques Curie gefunden.

Wird eine Fensterscheibe zerstört, so werden hierdurch mechanische Schwingungen auf der Scheibe erzeugt – charakteristisch ist das Klirren berstenden Glases – und ein auf der Scheibe sitzendes Piezoelement entsprechend polarisiert. Durch die Polarisation entsteht eine Ladungsverschiebung und damit eine elektrische Spannung. Ein angeschlossener Feldeffekttransistor (FET) – im Ruhezustand niederohmig (ca. 30 Ω) – wird dadurch hochohmig (ca. 1 MΩ).

Das System Jalousiesteuerung gibt im Leerlauf eine Gleichspannung von 5 V auf den Sensor und wertet darüber den Zustand des FET aus.

Ist die Energie aus dem Glasbruch verbraucht, fällt der FET in seinen niederohmigen Ruhezustand zurück. Die Länge des „Glasbruchsignales“ hängt also von der Energie des Glasbruches ab.

Das Prinzip (Ruhezustand = niederohmig) erlaubt eine Reihenschaltung von bis zu 10 Glasbruchsensoren je Aufsatz. So lässt sich mit einem Aufsatz auch eine Fensterfront – bestehend aus mehreren Glasscheiben – mit der entsprechenden Anzahl Glasbruchsensoren, überwachen.

4.4.3 Anschluss der Sensoren

Unterputzverlegung der Sensorleitung

Die Sensorleitung führt Schutzkleinspannung (SELV). Es müssen die Installationsvorschriften nach VDE 0100-411 beachtet werden.

So ist unbedingt eine geeignete Leitung wie z. B. Telefonleitung J-Y(ST)Y 2x2x0,6 mm² zu verwenden. Die Einzeladern der Sensorleitung werden durch einen Isolierschlauch geführt. Die Leitung wird dann, zusammen mit dem Isolierschlauch, durch die Bohrung ① des Einsatzes gesteckt und durch den Leitungskanal ② zur Anschlussklemme ③ geleitet.

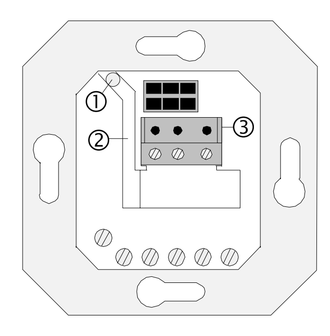


Bild: Position Anschlussklemme Sensoren

Der Isolierschlauch muss die Einzeladern von der äußeren Leitungsisolierung bis zur Anschlussklemme umschließen. Damit ist sichergestellt, dass keine Berührung zwischen der Sensorleitung mit SELV und den 230-V-Leitungen in der UP-Dose erfolgen kann. Die Anschlussklemme (liegt den Aufsätzen mit Sensorauswertung bei) wird in den Einsatz eingelegt.

Aufputzverlegung der Sensorleitung

Am einfachsten erfolgt der Anschluss des Sensors über einen Stecker direkt am Aufsatz.

Als zweite Möglichkeit wird die Sensorleitung hinter der Tragplatte (zwischen Wand und Tragplatte) durch die Öffnung ② in den Leitungskanal ③ des Einsatzes eingeleitet. Die Leitung wird direkt durch den Leitungskanal zur Anschlussklemme ④ geführt.

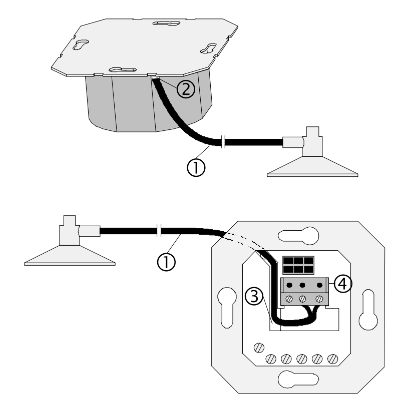


Bild: Sensorleitung bei Aufputzverlegung

Anschluss der Sensoren an den Klemmblock

Die Sensorleitungen werden nach folgendem Schema angeschlossen:

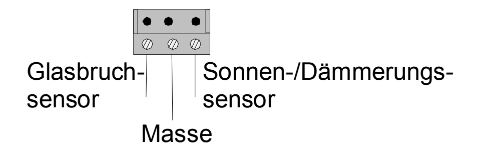


Bild: Belegung der Sensorklemme

Die Leitungsadern der Sensoren und des Adapters sind, um einen unkomplizierten Anschluss zu ermöglichen, gekennzeichnet.

- Bei Sensoren ist die ‚Masse'-Ader grau gekennzeichnet.
- Bei der Kupplung („Adapter") und der Verlängerung ist die Ader für den Helligkeitssensor grau gekennzeichnet. ‚Masse' ist die mittlere Ader.

Kupplung

Sollen Sonnen-/ Dämmerungssensor und Glasbruchsensor gleichzeitig betrieben werden, wird eine Kupplung benötigt.

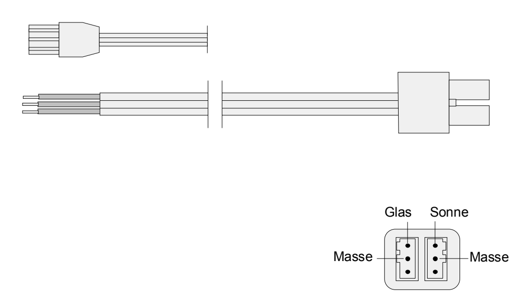


Bild: Kupplung für Helligkeits- und Glasbruchsensor

Die Kupplung verfügt über 2 Buchsen zum Anschluss von Sonnen-/ Dämmerungs-sensor und Glasbruchsensor. Sie wird am Aufsatz mit Sensorauswertung oder am Einsatz über die 3-polige Anschlussklemme angeschlossen.

4.4.4 Windsensor

Der Windsensor ermöglicht das Auffahren der Jalousie in Abhängigkeit der Windstärke. Die Auf-Position schützt empfindliche Jalousielamellen oder Markisen vor Zerstörung durch starken Wind oder Sturm.

Windsensoren – bzw. Anemometer – gibt es in verschiedenen Bauformen. Am weitesten verbreitet sind Schalenkreuz-Anemometer, bestehend aus drei bis vier Armen an einer gemeinsamen Achse, mit halbkugelförmigen Schalen an den Enden. Weitere Bauformen sind Propeller-Anemometer – funktionieren nach dem gleichen Prinzip –, Ultraschall- und thermische Anemometer.

Der Windsensor für das Jalousiesteuerungs-System ist ein Schalenkreuz-Anemometer und besteht aus 2 Komponenten:

- dem Schalenkreuz selbst, und
- der Windsensor-Schnittstelle.

Schalenkreuz

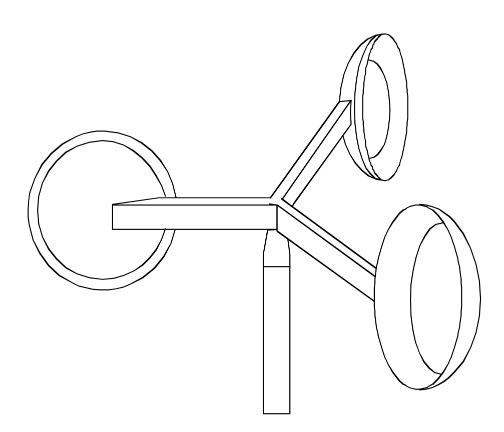


Bild: Windsensor – Schalenkreuz

Das Schalenkreuz wird auf dem Dach oder an der Hauswand montiert. Es muss an einer für die Windstärkemessung günstigen Position – nicht im Windschatten! – angebracht werden.

Gängige Schalenkreuz-Anemometer arbeiten nach zwei Funktionsprinzipien:

- Eine Variante arbeitet mit Reed-Kontakten, die durch auf der Achse sitzende Magnete betätigt werden. So entsteht ein Rechtecksignal, dessen Frequenz sich mit zunehmender Windgeschwindigkeit erhöht. Die Versorgungsspannung muss dabei von einem externen Betriebsgerät geliefert werden. Je nach Typ sind Anemometer mit unterschiedlicher Anzahl von Reed-Kontakten ausgestattet.

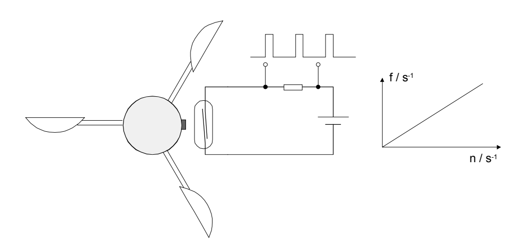


Bild: Wind-Schalenkreuz mit Reed-Kontakt

- Eine andere weit verbreitete Technik arbeitet vergleichbar mit einem Generator. Dieses Schalenkreuz erzeugt – proportional zur Windgeschwindigkeit – eine Spannung und eine Frequenz. Nimmt der Wind zu, erhöhen sich Spannung und Frequenz. Je nach Präzision des Gerätes können eine oder beide Größen ausgewertet werden; wenn die erzeugte Spannung sehr toleranzbehaftet ist, kann es sinnvoll sein, nur die Frequenz auszuwerten.

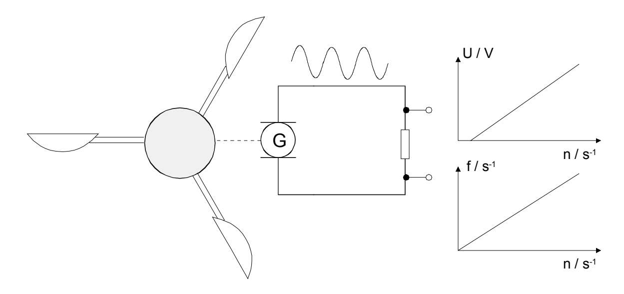


Bild: Wind-Schalenkreuz mit Dynamo-Prinzip

Im System Jalousiesteuerung können prinzipiell beide Arten von Schalenkreuzen genutzt werden.

Unterschiedliche Bauarten – Anzahl und Länge der Arme, Größe, Masse und Form der Schalenkreuze, Anzahl der Reed-Kontakte etc. – haben entscheidenden Einfluss auf die Umsetzung der Windgeschwindigkeit in die entsprechende Drehzahl. Auch wenn die elektrischen Anschlusswerte übereinstimmen, können also nicht beliebige Sensoren verwendet werden.

Aus diesen Gründen sind für das Jalousiesteuerungs-System ausschließlich diejenigen Windsensoren, die in der Bedienungsanleitung der Windsensor-Schnittstelle aufgeführt sind, zu verwenden.

Windsensor-Schnittstelle

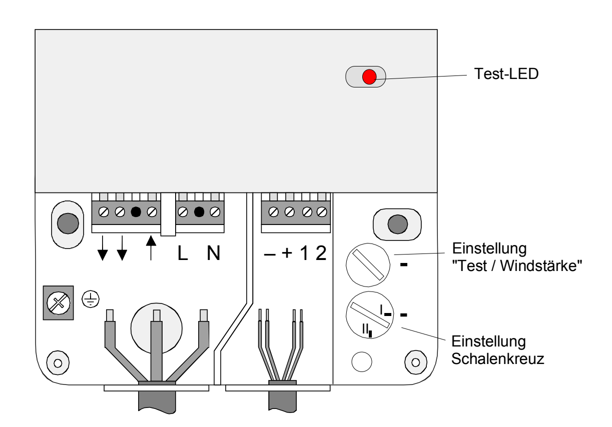


Bild: Windsensor-Schnittstelle

Die Windsensor-Schnittstelle dient als Betriebsgerät für das Schalenkreuz.

Abhängig von der vorgewählten Windgeschwindigkeit schließt in der Windsensor-Schnittstelle ein potentialfreies Relais. Über dieses Relais wird Netzspannung 230 V auf den Nebenstelleneingang '2' („Auf") des Einsatzes geschaltet. Bei Windalarm werden die Behänge aufgefahren.

In einer Gruppen- oder Zentralsteuerung sind alle Jalousien in der oberen Endlage verriegelt, deren Nebenstelleneingang mit der Windsensor-Schnittstelle beschaltet worden sind. Diese Jalousien können dann auch nicht mehr manuell oder automatisch bedient werden. Erst wenn der Wind den an der Windsensor-Schnittstelle eingestellten Wert unterschritten hat, ist der Windalarm aufgehoben.

Folgende Einstellungen werden in der Windsensor-Schnittstelle vorgenommen:

- Ein Drehschalter passt die Windsensor-Schnittstelle an das verwendete Schalenkreuz an.
- Mit einem zweiten Drehschalter wird die Windstärke gewählt, bei der die Behänge auffahren sollen. Die Schalterstellungen 1 und 2 sind identisch und aktivieren den Testbetrieb. Die übrigen Schalterstellungen (‚3' bis ‚9' und ‚0') stehen für die jeweilige Windstärke in Beaufort (Bft).

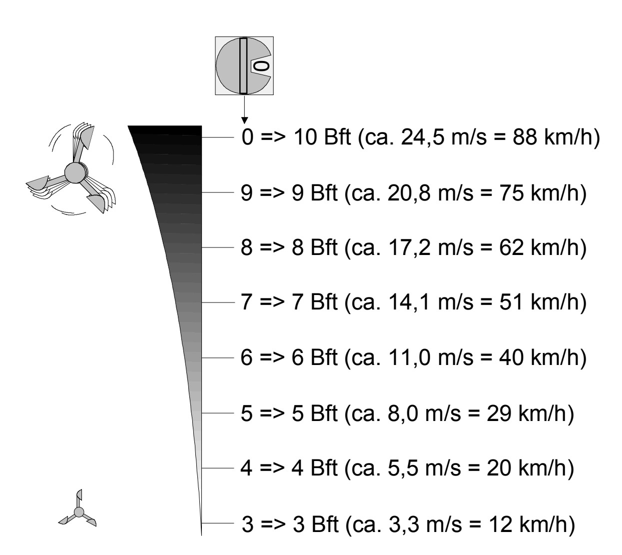


Bild: Einstellungen Windstärke

Der Testbetrieb dient zum Überprüfen der Funktion nach der Installation, auch bei niedriger Umdrehungszahl des Schalenkreuzes. Bei Aktivieren des Testbetriebs leuchtet die optische Anzeige (Test-LED) auf. Wird nun das Schalenkreuz gedreht, flackert die Test-LED in der Frequenz der Drehgeschwindigkeit.

Nach Verlassen des Testbetriebes vergehen ca. 4 Sekunden bis die eingestellte Windstärke vom Gerät ausgewertet wird. Der Testbetrieb kann genutzt werden, um zwischen zwei Einstellungen schnell umzuschalten (zunächst Testbetrieb wählen und dann gewünschte Windstärke einstellen); sonst kann die Übernahme der Windstärke-Einstellung bis zu 4,5 Minuten dauern.

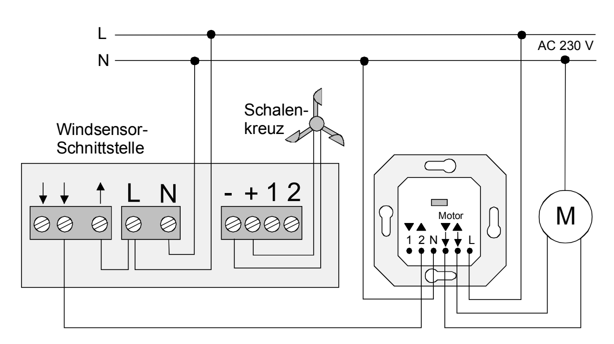


Bild: Anschluss Windsensor-Schnittstelle

Die Klemmen 1 und 2 dienen als Verteilerklemmen und sind geräteintern nicht beschaltet. Sie können z. B. für ein beheiztes Schalenkreuz (verhindert Einfrieren während der kalten Jahreszeit) verwendet werden. Auch die Klemme für den Schutzleiter ist nicht beschaltet und dient lediglich als Verteilerklemme.

Zu beachten ist: Windalarm und Glasbruch sind Funktionen mit gegensätzlichen Zielen (Windalarm Jalousie auf, Glasbruch Jalousie ab) und dürfen daher nicht gemeinsam verwendet werden.

Glasbruch hat im Jalousiesteuerungs-System oberste Priorität, die Jalousie fährt bei Glasbruch ab. Die Jalousie ist in der unteren Endlage verriegelt. Bei Glasbruch würden somit die Jalousien in der unteren Endlage verriegelt und auch bei Windalarm nicht aufgefahren.

Allerdings wird Windalarm meistens für Außenjalousetten (Lamellen) verwendet, während eine Glasbruchfunktion bei festen Rollläden verwendet wird. D. h. beide Funktionen gleichzeitig sind nicht sinnvoll nutzbar.

Zentraler Windalarm

Mit der Nebenstellentechnik des Jalousiesteuerungs-Systems ist es möglich, den Windsensor zentral für alle Jalousien einer Installation – auch phasenübergreifend – zu nutzen.

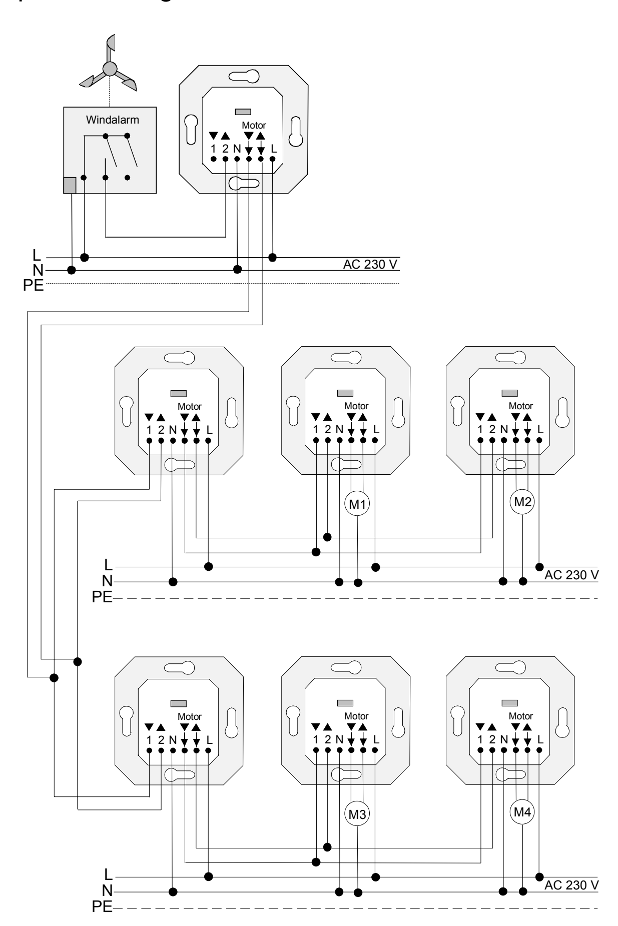


Bild: Jalousiesteuerungs-System mit zentralem Windalarm

5 FUNK-GEBÄUDESYSTEMTECHNIK

In der traditionellen Elektroinstallation wird die Funktionalität elektrischer Anlagen durch aufwendige Verdrahtungen bzw. Leitungsführungen realisiert. Um beispielsweise eine Deckenleuchte von mehreren Stellen aus zu schalten, werden Schalter und Leuchte durch Wechsel- oder Kreuzschaltungen miteinander verbunden. Bei mehr als drei Schaltstellen werden üblicherweise Stromstoßschalter in die Verteilung gesetzt oder Geräte mit einer ausgefeilten Nebenstellentechnik verwendet („System 2000“).

Diese Form der Verdrahtung ist recht arbeits- und materialintensiv und nachträglich kaum noch zu verändern. Sind die Leitungen erst einmal in der Wand verlegt, müssen bei einer späteren Funktionsänderung oder -erweiterung meist neue Leitungsschlitze gestemmt werden. Dies kann nur im Rahmen größerer Renovierungsarbeiten geschehen.

Die Ziele einer modernen Elektroinstallation sind daher:

- die Flexibilität vergrößern: Spätere Funktionsänderungen und Erweiterungen sollen problemlos und ohne umfangreiche Renovierungsarbeiten möglich sein.
- den Installationsaufwand verringern: Arbeitszeit ist kostenintensiv. Daher wird eine Technik benötigt, die kurze Installationszeiten ermöglicht.
- den Energieverbrauch senken: Elektrische Energie soll nicht nutzlos verbraucht werden. So sollen zum Beispiel Leuchten automatisch ausgeschaltet werden, wenn keine Person anwesend ist oder genügend natürliches Licht den Raum erhellt.
- den Komfort steigern: Übergeordnete Funktionen wie zentrales Aus- und Einschalten aller Leuchten eines Hauses („Panikschalter“) oder das Aufrufen von Lichtszenen im Wohn-Ess-Bereich mit einem Knopfdruck sind sinnvolle und komfortsteigernde Funktionen, die mit traditioneller Verdrahtung kaum zu realisieren sind.
- Sicherheitsfunktionen einbinden: Dem gestiegenen Sicherheitsbedürfnis der Bevölkerung kann Rechnung getragen werden, indem beispielsweise Fenster und Türen überwacht, Bewegungsmelder eingesetzt und, bei zeitweise unbewohnten Gebäuden, die Anwesenheit der Bewohner simuliert wird.

Installations-Bus-Systeme

Die Elektroindustrie hat in den 80er Jahren begonnen, Installationssysteme zu entwickeln, die an diesen Zielen ausgerichtet sind. Die mit Abstand größte Marktbedeutung und der größte Erfolg kommen in diesem Zusammenhang dem Europäischen Installationsbus instabus EIB zu. Über hundert europäische Unternehmen verfolgen mit ihm das gemeinsame Ziel, ein modernes Installationsbussystem voranzutreiben und als Standard zu etablieren. Im Bereich größerer Zweckbauten wie Bürogebäuden, Banken, Schulen und Verwaltungen hat sich der EIB aufgrund seiner immensen Flexibilität und der damit verbundenen Möglichkeiten als unverzichtbares System etabliert. Die im Vergleich zur klassischen Elektroinstallation höheren Systemkosten amortisieren sich durch Energieeinsparung und die anders kaum zu erreichende Funktionalität schnell.

Gebäudesystemtechnik mit Funk

Im privaten Wohnungsbau und beim Kleingewerbe kann intelligente Gebäudesystemtechnik noch mehr Akzeptanz finden, wenn sie mit geringeren Systemkosten verbunden ist und von Planer und Installateur weniger Spezialwissen verlangt, als dies beim EIB der Fall ist. Die Installation und Inbetriebnahme müssen mit einfachen Mitteln erfolgen. Vor diesem Hintergrund bietet die Gebäudesystemtechnik mit Funk neue Lösungen an, auch wenn s die Mächtigkeit des EIB nicht ganz erreicht.

Vorteile des Funk-Systems

Funkwellen durchdringen Wände und Decken. Sie sind daher ein ideales Medium zur Verteilung von Steuerbefehlen an alle elektrischen Verbraucher eines Gebäudes, ohne dass hierzu Leitungen benötigt werden.

Das Funk-System setzt Installationsgeräte ein, die mit Funk-Sendern oder Funk-Empfängern ausgerüstet sind. Die Sender nehmen in der Regel keine große elektrische Leistung auf. Sie arbeiten daher batteriegestützt, so dass eine aufwändige Leitungsinstallation überflüssig ist. Funk-Systeme lassen sich daher bedarfsgerecht nachrüsten oder erweitern, ohne dass größere Renovierungsarbeiten nötig wären. Die Geräte können dort plaziert werden, wo sie benötigt werden, und nicht nur dort, wo zufällig die Leitungen liegen.

Auch den übrigen Zielen der modernen Elektroinstallation wird diese Technik in einem hohen Maße gerecht, denn jeder Elektroinstallateur kann sie ohne besondere Schulung leicht und schnell in Betrieb nehmen. Sie erlaubt eine hohe Flexibilität in Bezug auf Änderungen und Erweiterungen, bietet enormen Komfort durch übergeordnete Funktionen und sorgt für Energieeinsparung durch bedarfsabhängiges Schalten. Mit der Verfügbarkeit u. a. von Funk-Wächtern kann das Funk-System auch zur Sicherheit im und am Gebäude beitragen. Komfortfunktionen – insbesondere Zeitsteuerungen – werden auf einfache Weise über die neue Zetrale, den Funk-Controller, realisiert.

Universell einsetzbare Funk-Sender und Funk-Empfänger ermöglichen es, konventionelle Komponenten der Elektroinstallation aus allen Gewerken in die Funkkommunikation mit einzubinden. So kann das System beispielsweise durch Thermostate und elektrische Stellantriebe für Heizungsventile, Fensterkontakte und Jalousiemotoren sowie Zeitschaltuhren und Telefonwählgeräte sinnvoll ergänzt werden.

Dabei bleibt das Funk-System keine Insellösung, denn mit einem Funk-EIB-Umsetzer steht ein Produkt bereit, das Informationen aus dem Bereich des Funk-Systems in den des instabus EIB überträgt und dort zur Weiterverarbeitung verfügbar macht. Damit kann das Funk-System als Subsystem des instabus EIB eingesetzt werden.

Weitere Gateways sind ebenso möglich und auch bereits in Vorbereitung.

5.1 Das Übertragungsmedium „Funk“

Elektrische und magnetische Felder lassen sich vom Menschen in der Regel nicht direkt, sondern nur in ihrer Wirkung wahrnehmen. Beispielsweise „knistert“ ein elektrostatisch aufgeladener Pullover aus synthetischem Gewebe beim Abstreifen, bei Verwendung von Kämmen oder Bürsten aus Nylon stehen einem die Haare „zu Berge“, und beim Berühren eines Türgriffs kann mitunter das schmerzhafte Phänomen des Funkenziehens auftreten. Die Wirkung eines magnetostatischen Feldes zeigt sich z. B. in der Anziehung oder Abstoßung – je nach Ausrichtung – zweier Stabmagnete.

Statische elektrische und magnetische Felder können mit Feldstärkemessgeräten nachgewiesen und gemessen werden. Die elektrische Feldstärke wird mit dem Kürzel „E“ bezeichnet und in der Einheit Volt pro Meter [V/m] angegeben; die magnetische Feldstärke „H“ in Ampere pro Meter [A/m]. Die Feldstärken nehmen mit zunehmender Entfernung zum Ursprungsort der Felder ab, was zu einem quadratischen Absinken der Strahlungsleistung führt.

Wird ein elektrischer Leiter von Strom durchflossen, bildet sich ein magnetisches Feld um den Leiter herum aus. Unterliegt der Strom dabei zeitlichen Änderungen, wie es beispielsweise bei Wechselstrom der Fall ist, wird neben einem magnetischen stets auch ein elektrisches Wechselfeld erzeugt. Beide Feldkomponenten bilden zusammen eine elektromagnetische Welle aus, die sich von der Quelle der Felder (Antenne) löst und im Freifeld mit Lichtgeschwindigkeit ($c \approx 300.000$ km/s) ausbreitet. In anderen Medien ist die Ausbreitung stets langsamer.

Alle mit Wechselspannung betriebenen Geräte oder Einrichtungen erzeugen im Betrieb elektromagnetische Strahlung. Bei den meisten Geräten wie Staubsaugern oder Monitoren ist dieser Effekt jedoch nicht beabsichtigt. Anders z. B. bei Funk-Sendern oder Mikrowellenherden, die diesen Effekt gezielt für die Gerätefunktion einsetzen.

Anders als Schallwellen benötigen elektromagnetische Wellen kein Medium wie Wasser oder Luft. Weil sie sich sogar im luftleeren Raum, dem Vakuum, ausbreiten, lassen sie sich auch im Weltraum zur Informationsübertragung nutzen.

5.1.1 Eigenschaften der Funkstrahlung

Elektromagnetische Wellen besitzen eine elektrische Feldstärke E und eine magnetische Feldstärke H. Beides sind gerichtete Größen, die aufeinander senkrecht stehen und – im Fernfeld, d. h. ab ca. $4 \cdot \lambda$ – mit der gleichen Frequenz schwingen.

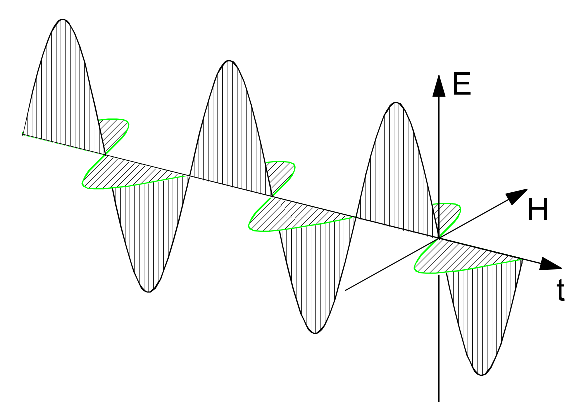


Bild: Modellvorstellung elektromagnetischer Wellen

Charakteristische Daten einer elektromagnetischen Welle sind Wellenlänge λ und Frequenz f. Das Produkt von beiden ergibt die Ausbreitungsgeschwindigkeit c: $c = \lambda \cdot f$

Die Intensität der Strahlung wird durch die „Amplitude“ ausgedrückt. Dies ist die maximale Auslenkung einer Schwingung.

Der Frequenzbereich elektromagnetischer Wellen reicht von den niedrigen Frequenzen technischen Wechselstroms bis hin zu höchsten Frequenzen der kosmischen Höhenstrahlung. Auch das sichtbare Licht ist Teil des elektromagnetischen Spektrums. Jede elektromagnetische Strahlung weist die typischen physikalischen Eigenschaften der Wellenausbreitung auf, wie Beugung, Interferenz, Brechung, Reflexion und Durchdringung. Die Lichtgeschwindigkeit ist nur im Vakuum für alle Frequenzen konstant. In anderen Medien ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit geringer und – je nach Wellenlänge – unterschiedlich groß.

Die Charakteristika der verschiedenen Frequenzbereiche sind frequenzabhängig. Von „Funkstrahlung“ spricht man nur im Bereich von rund 10 kHz bis 300 GHz, entsprechend einem Wellenlängenbereich von etwa 30 km bis 1 mm. Wird die Frequenz noch höher bzw. die Wellenlänge noch kürzer, kommt man in den Bereich von Wärmestrahlung, sichtbarem Licht und Röntgenstrahlung.

Frequenz	Wellenlänge	Bezeichnung	Anwendung
16 $^{2}/_{3}$ ... 100 Hz	18.000 ... 300 km	technischer Wechselstrom	Stromversorgung
0...10 kHz	$\propto$ ... 30 km	Niederfrequenz (NF)	Telegraphie, induktive Heizung
10 Hz ... 20 kHz	18.750 ... 15 km	Tonfrequenzen	Musik-, Sprachübertragung
150 ... 285 kHz	2 ... 1 km	Langwellen (LW)	Rundfunk, Wetterdienst
526 ... 1606 kHz	560...189 m	Mittelwellen (MW)	Rundfunk, Flugfunk
3,9 ... 26,1 MHz	77 ... 11 m	Kurzwellen (KW)	Rundfunk, Amateurfunk
26,9 ... 27,2 MHz	ca. 11 m	ISM-Band	ISM-Funkanlagen < 10 mW, Funkfernsteuerungen
40,6 ... 40,7 MHz	ca. 7,4 m	ISM-Band	ISM-Funkanlagen < 10 mW, Funkfernsteuerungen
87,5 ... 108 MHz	3,4 ... 2,8 m	Ultrakurzwellen (UKW)	Rundfunk, Richtfunk
174 ... 223 MHz	1,7 ... 1,3 m	Very High Frequency (VHF)	Fernsehen
300 … 3000 MHz	10 … 1 dm	Dezimeterwellen	Fernsehen, Richtfunk, Militär
433,05 ... 434,79 MHz	**6,93 ... 9,89 dm**	**ISM-Band**	**Funk-System, ISM-Funkanlagen < 10 W, SRD**
470 ... 860 MHz	6,4 … 3,5 dm	Ultra High Frequency (UHF)	Fernsehen
862 ... 870 MHz	3,48 ... 3,45 dm	ISM-Band	Heimtelefone, Kopfhörer, SRD
2,40 … 2,48 GHz	12,5 ... 12 cm	ISM-Band	ISM-Funkanlagen < 10 W, SRD
3 … 30 GHz	10 ... 1 cm	Zentimeterwellen	Satellitenfunk, Radar, Militär
30 ... 300 GHz	10 ... 1 mm	Millimeterwellen	Satellitenfunk, Radar
300 ... 3000 GHz	1 ... 0,1 mm	Mikrowellen	Elektrowärme
$3 \cdot 10^{11}$ ... $3{,}8 \cdot 10^{14}$ Hz	1000 ... 0,78 µm	Infrarotstrahlung (IR, Wärmestrahlung)	Laser, medizinische Therapie
$3{,}8 \cdot 10^{14}$... $8{,}3 \cdot 10^{14}$ Hz	780 ... 360 nm	sichtbares Licht	Beleuchtung, Laser
$8{,}3 \cdot 10^{14}$ ... $3 \cdot 10^{16}$ Hz	360 ... 10 nm	Ultraviolettstrahlung (UV)	Medizinische Therapie
$5 \cdot 10^{15}$ ... $2 \cdot 10^{21}$ Hz	60 nm ... 1 pm	Röntgenstrahlung	Röntgendiagnostik
$3 \cdot 10^{20}$ ... $3 \cdot 10^{22}$ Hz	1 pm ... 10^{-14} m	Gammastrahlung	Materialprüfung
> $3 \cdot 10^{22}$ Hz	< 10^{-14} m	Kosmische Höhenstrahlung	

Tabelle: Auszug aus dem elektromagnetischen Spektrum

5.1.2 Wechselwirkung mit Materie

Funkwellen breiten sich geradlinig aus und können an Oberflächen – ähnlich wie Licht – reflektiert werden. Funkwellen mit niedriger bis mittlerer Frequenz werden aber nicht von Materie wie Decken oder Wänden gestoppt, sondern können diese unter einem gewissen Energieverlust, der u. a. von der Masse und Leitfähigkeit der Materialien abhängig ist, durchdringen. Damit eignet sich Funk für den Einsatz innerhalb von Gebäuden, wenn Informationen durch Wände und Decken hindurch zu transportieren sind.

Nur elektrisch leitfähige Materialien können von elektromagnetischen Wellen nicht durchdrungen werden. Um einen Bereich von Funkwellen freizuhalten, verwendet man deshalb meist Abschirmungen aus Metall.

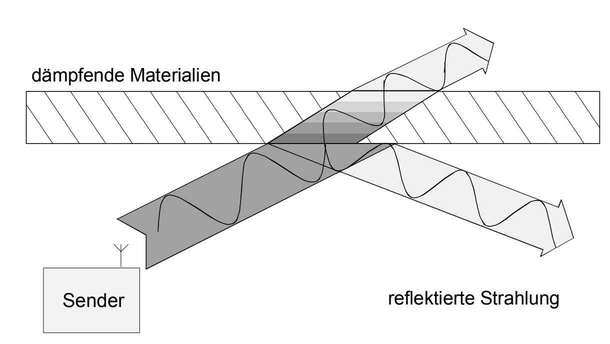


Bild: Reflexion und Transmission elektromagnetischer Strahlung

Das Funk-System arbeitet bei einer Frequenz von ca. 433 MHz innerhalb des ISM-Bandes, einem speziellen Frequenzbereich, der für industrielle, wissenschaftliche und medizinische Zwecke reserviert ist. Dort liegt die mögliche Reichweite der elektromagnetischen Wellen und ihre Fähigkeit, Materie zu durchdringen, in einem für die Gebäudesystemtechnik recht günstigen Bereich.

5.1.3 Biologische Wirkung auf den Menschen

Zunehmend wird in der Öffentlichkeit eine kontroverse Diskussion um mögliche gesundheitsschädliche Wirkungen elektromagnetischer Wellen geführt („Elektrosmog"). Bei einer Literaturrecherche zu diesem Thema stößt man auf eine Fülle von Forschungsberichten, die u. a. von verschiedenen Universitäten erstellt wurden. Diese Berichte schildern, dass unter dem Einfluss erheblicher elektromagnetischer Felder, deren Frequenzen in dem für die Funktechnik üblichen Bereich liegen, biochemische Prozesse in Körperzellen verstärkt oder gedämpft werden können. Auch eine Wärmewirkung wird nicht bestritten. Auslösen von organischen Krankheiten konnte jedoch bislang nicht festgestellt werden kann.

Zur Beurteilung des Sachverhalts ist vornehmlich die Strahlungsleistung zu berücksichtigen, die auf den menschlichen Organismus einwirkt. Hier bieten sich zwei Vergleiche an:

Vergleich mit Mobiltelefonen

Mobiltelefone geben mit rund 2000 mW Spitzenleistung und 200 mW zeitlich gemittelter Leistung die mit Abstand größte Strahlungsleistung ab. Da sie unmittelbar am Kopf betrieben werden, kann man davon ausgehen, dass die Hälfte, also rund 100 mW, vom Kopf aufgenommen wird.

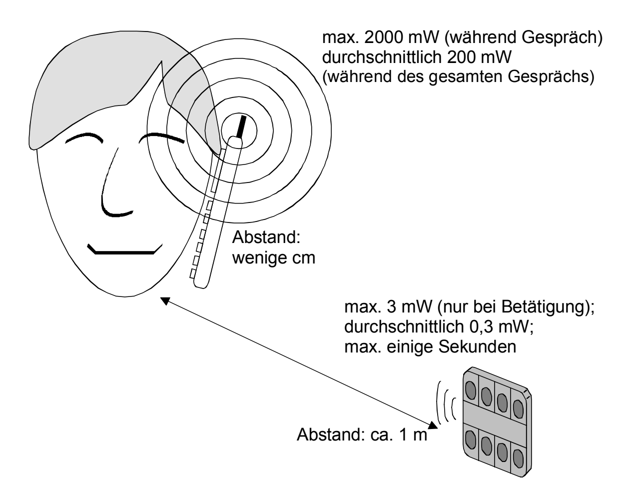


Bild: Strahlenbelastung durch Mobiltelefone

Bei modernen Schnurlostelefonen für den Heimbereich, die nach dem digitalen DECT-Standard funktionieren, wird rund um die Uhr eine permanente Funkverbindung zwischen DECT-Station und den Endgeräten aufrechterhalten, unabhängig davon, ob ein Gespräch geführt wird oder nicht. Die ausgesendete Strahlungsleistung beträgt bis zu 1 W.

Das Funk-System arbeitet mit damit vergleichsweise winzigen Strahlungsleistungen. Die Sender emittieren eine Spitzenleistung von rund 3 mW und eine zeitlich gemittelte Leistung von 0,3 mW. Entscheidend bei dieser Betrachtung ist, dass die Sender in der Regel nicht unmittelbar am menschlichen Körper betrieben werden. Setzt man nur einen Meter Abstand zwischen Funk-Sender und menschlichem Körper voraus, erreicht den Kopf aufgrund der Signaldämpfung auf der Übertragungsstrecke nur noch eine Strahlungsleistung von rund 0,001 mW. Sie ist im Vergleich zu Mobiltelefonen also um den Faktor 100.000 kleiner.

Vergleich mit Rundfunksendeanlagen

Vergleicht man das Funk-System mit Sendeanlagen zur allgemeinen Bereitstellung von Rundfunk- und Fernsehprogrammen, ist festzustellen, dass Menschen, die in geringerer Entfernung als 40 km von einem Rundfunksender wohnen, einer größeren Strahlungsleistung durch den Rundfunk ausgesetzt sind, als sie es durch ein Funk-System in ihren Räumen wären.

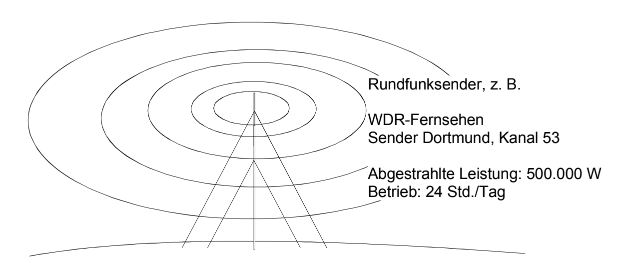


Bild: Strahlenbelastung durch Rundfunksender

Fazit

In der Praxis bewirkt nahezu jeder elektrische Strom eine Abstrahlung elektromagnetischer Wellen. Aus dem täglichen Leben sind Geräte und Techniken, die das Medium Funk aktiv nutzen oder bei denen dies „nebenbei“ geschieht, nicht mehr wegzudenken.

Zum Schutz der Gesundheit von Mensch und Natur, aber auch von Geräten, sind für Strahlungen nahezu jeder Frequenz Grenzwerte erarbeitet worden, die von Herstellern und Betreibern eingehalten werden müssen. Dies gilt natürlich auch für die geschilderten Beispiele.

Die vom Funk-System ausgehende Strahlungsleistung ist dabei – gegenüber der sonstigen Belastung – im Verhältnis so gering, dass sich die Frage nach einer möglicherweise schädigenden Wirkung durch das Funk-System erübrigt.

5.1.4 Informationsübertragung durch Modulation

Eine elektromagnetische Welle mit konstanter Amplitude und Frequenz transportiert noch keine Information. Um dies zu erreichen, muss der Sender die Amplitude oder die Frequenz der Welle nach einem vereinbarten Verfahren ständig verändern und der Welle in dieser Weise die Information aufprägen bzw. aufmodulieren.

Das vom Sender ausgestrahlte Funksignal besteht aus einer hochfrequenten Grundschwingung, dem sogenannten Träger, und einer durch Modulation aufgebrachten, niedrigerfrequenten Schwingung, welche die Information enthält.

Der Empfänger liest das vollständige Funksignal ein, trennt durch Demodulation die Information wieder vom Träger und kann anschließend die so erhaltene Information auswerten – beispielsweise ein Rundfunkprogramm hörbar machen oder Befehle ausführen.

In der Vergangenheit wurde eine Fülle technisch unterschiedlicher Modulationsarten entwickelt. Die beiden klassischen Methoden und die darauf basierenden Arten für digitale Daten werden im folgenden kurz skizziert.

Amplitudenmodulation (AM)

Bei der Amplitudenmodulation (AM) wird die Information bzw. das Nutzsignal der Amplitude der Trägerschwingung aufmoduliert. Die Amplitude verändert sich damit in Abhängigkeit vom Nutzsignal, und die Frequenz der Trägerschwingung bleibt unverändert.

Für die Übertragung digitaler Telegramme, wie sie im Funk-System genutzt werden, bietet sich als Variante dieser Modulationsart das Amplitude Shift Keying (ASK) an. Diese Variante verwendet nur zwei Amplitudenzustände: Die unveränderte und die vollständig unterdrückte Trägeramplitude. Die digitalen Telegramme entstehen durch rhythmisches Ein- und Ausschalten des Trägers. Dabei repräsentieren unterschiedlich lange Einschaltzeiten des Trägersignals die beiden logischen Werte »0« und »1« des Binärsystems.

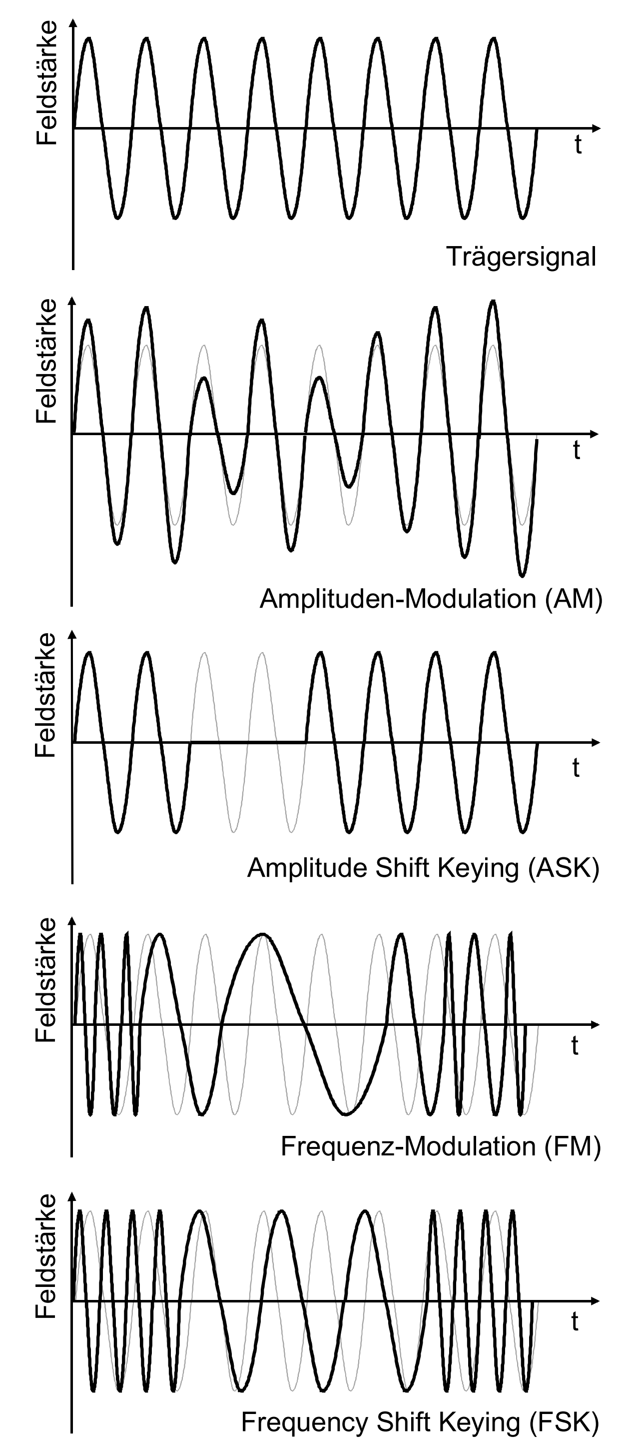


Bild: Modulationsarten

Frequenzmodulation (FM)

Eine andere klassische Modulationsart ist die Frequenzmodulation (FM). Bei dieser Methode wird das Nutzsignal der Frequenz des Trägersignals aufmoduliert, und die Amplitude des Trägersignals bleibt konstant. Auch hier gibt es mit dem Frequency Shift Keying (FSK) eine Variante, die für die Übertragung digitaler Information besonders geeignet ist. Bei ihr werden zeitlich codierte und in ihrer Frequenz geringfügig unterschiedliche Trägersignale gesendet, um dem Empfänger die logischen Zustände „0“ und „1“ mitzuteilen.

Modulation beim Funk-System

Die Frequenzmodulation ist im Vergleich zur Amplitudenmodulation auch bei Fachleuten immer noch etwas besser angesehen. Die Ursache dafür liegt sicher auch in der Geschichte der Funktechnik. So waren die ersten zur Verfügung stehenden Lamg- und Mittelwellen-Rundfunksender amplitudenmoduliert. Ihre Rundfunkprogramme waren nur mit einem leichten Rauschen zu empfangen. Später kamen mit den Ultrakurzwellensendern (UKW) frequenzmodulierte Programme mit besserer Übertragungsqualität hinzu.

Heute hat die Amplitudenmodulation durch technische Weiterentwicklungen und Verbesserungen die Qualität der Frequenzmodulation erreicht. Unterschiede in der Übertragungsqualität bei ASK- und FSK-Systemen sind nicht zu bemerken.

Da nur zwei Werte verwendet werden, ist ASK erheblich robuster als Mittelwellen-Radio und nahezu gleichwertig mit deutlich aufwendigeren FM/FSK-Verfahren. Da gegenüber FSK eine geringere Bandbreite benötigt wird, ist es sogar toleranter gegen Störer.

Hinzu kommt, dass für die ASK-Technik eine Fülle von hochwertigen, sehr kleinen und preiswerten Elektronikkomponenten zur Verfügung steht, die es erlauben, kompakte und preiswerte Sender und Empfänger zu bauen. Genau diese Eigenschaften sind auch für die Herstellung von Funkkomponenten für den Einsatz in UP-Schalterdosen (UP = Unter Putz) erforderlich, da diese nur ein sehr beschränktes Bauvolumen zulassen.

Dieser Sachverhalt gab letztlich den Ausschlag, das ASK-Verfahren für das Funk-System einzusetzen. FSK bietet zwar Vorteile, wenn es darum geht, hohe Datenraten zu übertragen oder schnell bewegte Ziele zu erreichen, doch diese Anforderungen werden in der Gebäudesystemtechnik nicht gestellt.

5.2 Die Technik des Funk-Systems

Die Entwicklung des Funk-Systems für die Gebäudesystemtechnik verfolgt das Ziel, kleine und technisch raffinierte Geräte anzubieten, die auch Akzeptanz im privaten Wohnungsbau finden. Die Produkte sollen daher ein gutes Preis-Leistungs-Verhältnis aufweisen und einfach anzuwenden sein. Vor diesem Hintergrund wurden die Systemeigenschaften festgelegt.

5.2.1 Systemeigenschaften

ISM-Band

Die Komponenten arbeiten im ISM-Band bei 433,42 MHz ±100 kHz mit Sendeleistungen, die – wie in diesem Frequenzband vorgeschrieben – unter 10 mW liegen.

Das ISM-Band darf für industrielle, wissenschaftliche und medizinische Zwecke („industrial, scientific and medical services") von jedermann verwendet werden und erstreckt sich von 433,05 MHz bis 434,79 MHz. Die Anwendungen sind äußerst vielfältig und reichen von drahtlosen Kopfhörern über Wetterstationen für den Heimbereich, drahtlose Computermäuse und -tastaturen bis hin zu Kran- und Ampelsteuerungen.

Wird die Bandmitte (433,92 MHz) durch eine größere Anzahl Anwendungen genutzt, so ist der Randbereich relativ wenig belegt und bietet so gute Bedingungen für die Informationsübertragung in Gebäuden.

Codierung

Die Informationsübertragung erfolgt mit Hilfe digitaler Telegramme. Damit sich Sender und Empfänger bei der Nachrichtenübertragung synchronisieren können, wird neben der Nutzinformation auch der Taktimpuls übertragen. Hierzu wird das Telegramm zunächst in den „*Biphase Mark Code*" umgesetzt und anschließend per ASK dem Trägersignal aufmoduliert. Damit lässt sich eine Übertragungsgeschwindigkeit von rund 1.000 Bit/s erreichen.

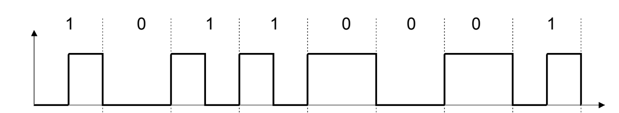


Bild: „Biphase-Mark"-Codierung

Bei der „Biphase-Mark"-Codierung findet bei jedem Bit ein Flankenwechsel statt. Eine digitale „1" unterscheidet sich von dem „0"-Signal dadurch, dass auch in der Signalmitte ein Flankenwechsel stattfindet.

Kommunikationsart

Das System beschränkt sich, den Erfordernissen der Anwendung Rechnung tragend, größtenteils auf unidirektionale Kommunikation im Simplexbetrieb. Die meisten Komponenten des Systems sind daher reine Funk-Sender oder reine Funk-Empfänger und enthalten nur ein Sende- oder ein Empfangsmodul. Hierdurch müssen weniger Bauteile innerhalb eines Gerätes mit Strom versorgt werden; die Batterien können entsprechend kleiner gewählt werden. Die Produkte können so relativ preisgünstig gehalten werden. Der besseren Übertragungssicherheit wegen werden Nachrichten mindestens dreimal, im Mittel bis zu fünfmal, gesendet. Übertragungsfehler können so in weit über 99% aller übertragenen Telegramme erkannt und behoben werden. Im Falle von Funkstörungen können auch bidirektionale Systeme nicht übertragen.

Ausgewählte Geräte, beispielsweise Zentralgeräte oder Repeater, sind sowohl mit einem Sende- als auch mit einem Empfangsmodul ausgerüstet und in der Lage, bidirektional zu kommunizieren. Sie arbeiten im Halbduplexbetrieb und können zwar nicht gleichzeitig, aber in zeitlicher Folge sowohl Telegramme senden als auch empfangen.

5.2.2 Das Gerätekonzept des Funk-Systems

Sensor – Aktor

Wie in der Gebäudesystemtechnik üblich, unterscheidet man zwischen „Sensor" und „Aktor".

Ein Sensor (lat. „sensus", Gefühl) erfasst eine physikalische Größe und setzt diese in ein elektrotechnisches Signal – z. B. Funk-Telegramme – um. Ein Aktor (lat. „actus", Handlung) empfängt ein elektrotechnisches Signal – z. B. einen Signalpegel oder ein Telegramm – und setzt die darin enthaltene Information in eine anwendungsbezogene Handlung um.
Da die Informationsübermittlung durch Senden und Empfangen von Funksignalen stattfindet, spricht man anstelle von Sensoren/Aktoren auch von Funk-Sendern und -Empfängern.

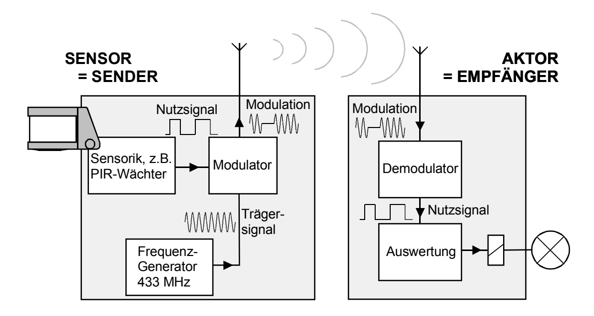


Bild: Sensor-Aktor-Prinzip beim Funk-System

Lichtszenen und weitere Systemfunktionen

Bei der Entwicklung des Funk-Systems wurde ein Konzept zum Speichern und Abrufen von Lichtszenen mit integriert. Diese und weitere Systemfunktionen stehen grundsätzlich in jedem Aktor zur Verfügung, sodass keine gesonderten Vorkehrungen getroffen oder Software-Aktualisierungen angeschafft werden müssen.

- 5 Lichtszenen

  Ein Aktor kann Werte für fünf Lichtszenen speichern. Der Aufruf erfolgt dadurch, dass ein Sender die Nummer einer Szene übermittelt. Die Aktoren, die diesen Sender und diesen Kanal gespeichert haben, stellen die entsprechenden Zustände – Ein oder Aus, Helligkeitswert oder Jalousieendposition – selbst ein.

  Durch entsprechende Zuordnung können auch mehrere Bereiche gebildet werden, in denen jeweils die fünf Szenen zur Verfügung stehen.

- Alles Ein / Alles Aus

  Beim Zuordnen eines Funk-Senders werden vorhandene „Alles Ein"- und „Alles Aus"-Tasten automatisch mit zugeordnet. Ist dies nicht gewünscht, kann diese Funktion für einzelne Aktoren wieder ausgeblendet werden.

- Master-Dimm-Funktion

  Nach dem Aufruf einer Lichtszene können diejenigen Aktoren, die in diese Szene eingebunden sind, gemeinsam gedimmt bzw. ausgeschaltet werden.

- Lichtregelfunktion (bei optischen Sensoren)

  Mit Präsenzmelder oder Lichtsensor können Konstantlichtregelungen realisiert werden. Je nach Lichteinfall werden die geregelten Lampen dunkler gedimmt oder ausgeschaltet.

Stand-by-Betrieb

Handsender, Wandsender und Funk-Sensoren bieten große Freiheit bei der Auswahl des Einsatzortes, wenn sie nicht an Leitungen gebunden sind. Für die erforderliche Versorgung der Geräte mit elektrischer Energie sorgen daher Batterien.

Für eine möglichst lange Batterielebensdauer wurden die Funkkomponenten besonders im Hinblick auf einen geringen Stromverbrauch entwickelt. Im Ruhezustand – auch „Stand-by" oder „Sleep mode" – verbrauchen die Funk-Sender kaum Energie. Im aktiven Betrieb wird der Batterie die Energie zur Aussendung der Funkstrahlung entnommen. Für die Lebensdauer der Batterie ist also neben ihrem chemischen Aufbau (alkalische oder Lithiumbatterie) und damit ihrem Stromspeichervermögen und ihrer Selbstentladung auch die Sendehäufigkeit entscheidend. So macht es einen Unterschied, ob der Sender nur kurz mit z. B. zehn Betätigungen pro Tag von je einer Sekunde Dauer (in Summe zehn Sekunden) oder relativ lange mit beispielsweise fünfzig Betätigungen pro Tag von je zehn Sekunden Dauer (in Summe 500 Sekunden) genutzt wird.

Für die Batterielebensdauer des Funkwächters ist somit auch entscheidend, ob dieser in einem ruhigen und hellen Bereich oder in einem sehr belebten Bereich mit viel Publikumsverkehr eingesetzt wird, der dazu noch recht dunkel ist und damit lange Aktivzeiten des Funkwächters pro Tag erfordert.

Die Batteriewechselzyklen variieren unter normalen Betriebsbedingungen zwischen rund ein und fünf Jahren. Sind die Batterien nahezu erschöpft, melden die Sender den Ladezustand durch ein blinkendes optisches Signal rechtzeitig, damit ohne Funktionsverlust genügend Zeit zur Beschaffung und zum Austausch der Batterien bleibt. Die handelsüblichen Batterien lassen sich durch einfaches Öffnen der Geräte leicht wechseln.

5.2.3 Die Telegrammstruktur

Damit sich Funk-Sender und -Empfänger verständigen können, muss die Bedeutung eines jeden Bit im Datenstrom des Telegrammverkehrs vorher eindeutig definiert sein. Erst dann kann ein Empfänger die gesendeten Informationen interpretieren und Befehle korrekt ausführen. Für alle Komponenten des Funk-Systems wurde eine Telegrammstruktur festgelegt.

Telegramm-Struktur der Funk-Gebäudesystemtechnik						
Präambel 4 Bit	Sendertyp 4 Bit	Untertyp 4 Bit	Seriennummer 16 Bit	Zustand 4 Bit	Daten 0-16 Bit	Prüfung 5 Bit

Bild: Telegrammstruktur

Die einzelnen Datenblöcke sind wie folgt zu verstehen.

Präambel

Die **Präambel** dient der Synchronisation von Sender und Empfänger. Sie besteht aus einer für alle Telegramme stets gleichen Bitfolge, die eine Verständigung zwischen den an der Funkkommunikation beteiligten Komponenten einleitet.

Sendertyp

Auf die Präambel folgt ein Code, der Auskunft über den **Sendertyp** gibt. Zu einigen Sendertypen gibt es eine Anzahl **Untertypen**. Beide lassen Rückschlüsse auf die Art des Senders zu und ermöglichen dem Empfänger, entsprechend zu reagieren. Außerdem ist es hilfreich, bei einer Analyse des Telegrammverkehrs zu erkennen, von welchem Sendertyp ein Telegramm ausgelöst wurde (z. B. Handsender oder Funk-Wächter).

Seriennummer

Danach folgt eine werkseitig eingestellte und nur einmal vergebene **Seriennummer** des Senders, die sicherstellt, dass der Sender in seinen Telegrammen eindeutig zu identifizieren ist. Zusammen mit dem Sendertyp bildet die Seriennummer die **Quelladresse** des Telegramms. Mehr als 16 Millionen Sender können so voneinander unterschieden werden. Weiterhin wird dadurch ausgeschlossen, dass Telegramme aus anderen Installationen oder fremde Sender des Funk-Systems in einem Gebäude Fehlfunktionen auslösen können.

Gerätezustand

In der Telegrammstruktur folgen nun vier Bit, die den **Gerätezustand** übermitteln. Ein Bit dient zur Anzeige einer schwachen Senderbatterie, ein anderes ist das bereits erwähnte Repeater-Bit. Ein weiteres Bit gibt an, ob sich ein sendender Funkwächter in der Gehtest-Funktion befindet, damit ein Empfänger mit entsprechend kurzen Einschaltzyklen reagieren kann. Zusätzliche Informationen stellen sicher, dass in künftigen Anwendungen bei Bedarf auch problemlos eine bidirektionale Datenübertragung eingerichtet werden kann.

Datenfeld

Auf die Zustandsmeldungen folgt das **Datenfeld** mit variabler Länge. Hier können Befehle oder auch Werte wie beispielsweise Helligkeitswerte (beim Funkwächter) übertragen werden. Hat der Sender weder Befehle noch Werte mitzuteilen, fehlt dieses Feld völlig. Dieser Fall tritt durchaus häufig auf, denn oft reicht ein einfaches Telegramm eines Senders mit der Information des Sendertyps aus, damit der zugehörige Empfänger eine eindeutige Reaktion daraus ableiten kann. Meldet sich z. B. ein Funkwächter, kann in dem zugehörigen Funk-Empfänger nur ein Einschaltvorgang als richtige Reaktion folgen, sofern nicht andere aktuelle Parameter im Empfänger – Helligkeitssollwert oder ein Dauer-Aus-Befehl – dies verhindern.

Prüfsumme

Das Ende des Telegramms wird von einer Reihe von **Prüf-Bit** gebildet. Hiermit kann der Empfänger erkennen, ob das Telegramm während der Übertragung eventuell beschädigt oder verfälscht worden ist. Dies kann eintreten, wenn verschiedene Sender gleichzeitig Telegramme übermitteln, die sich überlagern und damit stören können. In diesem Fall ignoriert der Empfänger das erhaltene Telegramm und wartet auf das nächste. Daraus ergeben sich keine Probleme für das Funk-System, da jeder Sender seine Telegramme in kurzer zeitlicher Folge mehrfach aussendet, um die korrekte Datenübertragung sicherzustellen.

5.2.4 Normen und behördliche Zulassung

CE-Kennzeichnung

Elektrotechnische Erzeugnisse müssen als Voraussetzung für eine Vermarktung den Richtlinien der Europäischen Union entsprechen. Für Produkte der Elektroinstallationstechnik finden Anwendung:

- die Niederspannungsrichtlinie (73/23/EWG und 93/68/EWG)
  Die Niederspannungsrichtlinie regelt die elektrische Sicherheit, also den Schutz vor zu hohem Körperstrom und zu großer Wärmeentwicklung (Brandgefahr).
- die EMV-Richtlinie (89/336/EWG, 92/31/EWG und 93/68/EWG)

Die EMV-Richtlinie regelt die elektromagnetische Verträglichkeit des Produkts, d. h. die Aussendung von elektrischen bzw. elektromagnetischen Störungen durch das Produkt, aber auch die Empfindlichkeit des Produkts gegenüber derartigen, von außen kommenden Störungen.

Alle genannten europäischen Richtlinien sind in deutsches Recht umgesetzt worden und schreiben den Produktherstellern die Einhaltung spezifischer Grenzwerte durch entsprechende Normen (z. Zt. ca. 20) vor.

Der Hersteller elektrotechnischer Erzeugnisse hat die Einhaltung der einschlägigen Normen zu prüfen, zu belegen und eine entsprechende Konformitätserklärung auszustellen. Daraufhin darf er sein Produkt mit dem CE-Zeichen versehen. Dies ist Voraussetzung für den Vertrieb im Bereich des Europäischen Binnenmarkts.

Da die Richtlinienkonformität von den Herstellern selbst zu bestätigen ist, ist nicht automatisch sichergestellt, dass nur normkonforme Produkte auf den Markt gelangen. Daher legen Hersteller mit hohen Qualitätsansprüchen Wert darauf, dass die Einhaltung der erwähnten Richtlinien durch unabhängige, zertifizierte Prüfinstitute bestätigt wird. Als Zeichen für die Einhaltung der Produktsicherheit steht beispielhaft das VDE-Zeichen und für die elektromagnetische Verträglichkeit das EMV-VDE-Zeichen. Ein Hersteller, der die genannten Symbole auf seinen Produkten abbildet, zeigt damit nicht nur, dass seine Produkte den europäischen Richtlinien entsprechen, sondern auch, dass dies durch ein unabhängiges Prüfinstitut bestätigt wurde.

Funk-Zulassung

Funk-Produkte müssen über die „klassische" CE-Kennzeichnung hinaus auch eine Funk-Zulassung erhalten. Die Notwendigkeit für eine Funk-Zulassung ergibt sich aus der grundlegenden Natur von Funkwellen, sich in alle Richtungen auszubreiten und auch Medien zu durchdringen. Ohne Regulation könnten sich die verschiedenen Funk-Dienste gegenseitig stören, und eine sichere Kommunikation wäre nicht möglich.

Aufgrund der Wichtigkeit wird die Regulierung als hoheitliche Aufgabe von staatlichen Stellen aus betrieben. So müssen größere Sendeanlagen nach wie vor von entsprechenden staatlichen bzw. staatlich autorisierten Stellen genehmigt werden.

Funk-Sender des Funk-Systems sind als sogenannte „short-range devices" (SRD; engl. „Geräte mit geringer Reichweite") genehmigungsfrei und dürfen von jedermann in Betrieb genommen werden. Die Funk-Zulassung erfolgt für sogenannte „Klasse-1-Geräte"[1] seit 2002 im Rahmen der CE-Kennzeichnung. Der Hersteller signalisiert mit dem CE-Zeichen, dass er nicht nur die Niederspannungs- und die EMV-Richtlinie einhält, sondern auch die spezifischen Europäischen Richtlinien für Funk-Produkte. Im wesentlichen ist dies die R&TTE-Richtlinie (99/5/EG).

Die Richtlinie über Funkanlagen und Telekommunikationsendeinrichtungen legt die Rahmenbedingungen für den Betrieb von Funkanlagen fest. Ziel ist der „Schutz der Gesundheit und Sicherheit des Benutzers und anderer Personen"; andererseits werden die Grundlagen für den störungsfreien Betrieb von Funkanlagen entsprechend den frequenzspezifischen Vorschriften gelegt (maximale Pegel, „Duty cycles", Abstände zu anderen Kanälen etc.).

Bevor die Funk-Zulassung in das Verfahren der CE-Kennzeichnung integriert wurde, erfolgte sie teilweise durch nationale bzw. durch Übergangsregelungen. Nach diesen älteren Verfahren genehmigte und im Markt befindliche Geräte sind daher noch oft mit den entsprechenden Zeichen und Hinweisen versehen.

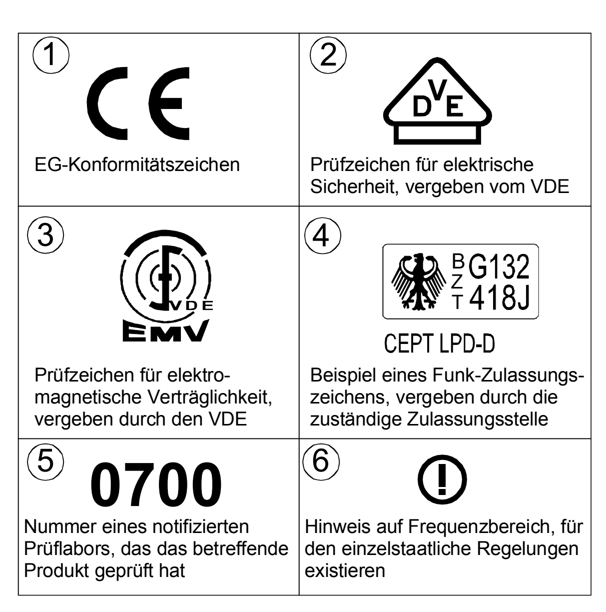


Bild: Zeichen auf Komponenten des Funk-Systems

[1] gemäß Europäischer Richtlinie 2000/299/EG, umgesetzt in deutsches Recht von der RegTP in Vfg 41/2001

Die Geräte des Funk-Systems, die mit dem CE-Zeichen oder mit einem anderen Zulassungszeichen versehen sind, halten alle europäischen Anforderungen ein und dürfen in allen EU- und EFTA-Staaten betrieben werden. Dies sind zur Zeit die folgenden Länder:

1. Belgien
2. Deutschland
3. Frankreich
4. Italien (Einholung einer Lizenz durch den Endkunden erforderlich)
5. Luxemburg
6. Niederlande
7. Dänemark
8. Irland
9. Großbritannien
10. Griechenland
11. Spanien
12. Portugal
13. Österreich
14. Finnland
15. Schweden
16. Island
17. Liechtenstein
18. Schweiz
19. Norwegen (Stand: 03.2003)

Die Zulassung in weiteren Ländern wird angestrebt; ist ein Land nicht in der Aufzählung enthalten oder bestehen Zweifel, ob sich Zulassungsbestimmungen geändert haben, sollte mit dem Hersteller Rücksprache gehalten werden.

5.3 Komponenten des Funksystems
5.3.1 Funksender

Funksender (Sensoren) senden Befehle an die Aktoren (Empfänger). Die mit Funksendern aufgerufenen Befehle beziehen sich auf das Schalten und Bedienen von Leuchten, Jalousien und anderen Verbrauchern, können aber auch als Sammelbefehl komplette „Szenen“ aufrufen und für eine Gruppe von Verbrauchern gespeicherte Zustände einstellen.

Blockschaltbild

Herz eines jeden Funk-Senders ist ein Mikrocontroller, der alle Funktionen des Senders koordiniert. Unterschiedliche Betriebsarten können z. B. über konfigurierende Schalter eingestellt werden, um die Funktionalität des Senders an verschiedene Anwendungen anzupassen.

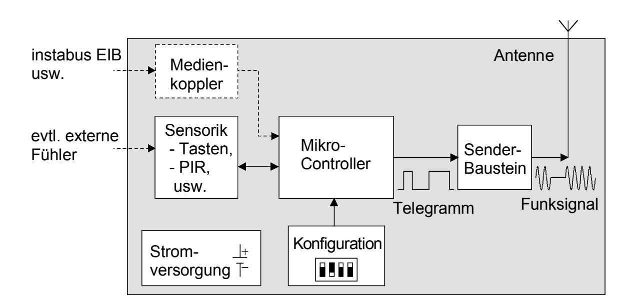


Bild: Blockschaltbild eines Funk-Senders

Wird dem Mikrocontroller ein Ereignis signalisiert – durch einen Tastendruck oder eine erkannte Bewegung –, das an einen Empfänger gemeldet werden soll, erzeugt er nach festgelegten Regeln ein Telegramm und übergibt es dem Senderbaustein. Dieser Senderbaustein erzeugt die Trägerfrequenz, moduliert das Telegramm auf und gibt das so erzeugte Signal zur Abstrahlung auf die Antenne.

Sender-Übersicht

Wandsender sind die – anstelle konventioneller Schalter – fest installierten Bedienelemente innerhalb eines Gebäudes. Wandsender „ersetzen“ damit konventionelle Schalter und Dimmer und können sämtliche Verbraucher im Gebäude ansteuern – einzeln, zusammengefasst oder in Lichtszenen.

Handsender sind als mobile „Fernbedienung“ die ideale Ergänzung für z. B. Vortragsräume oder Wohnbereiche. Sie reagieren auf die Bedienung einer Taste und senden daraufhin die entsprechenden Telegramme.

Universal- und **Multifunktionssender** können andere Schalterprogramme, Zeitschaltuhren oder sonstige Sensoren in das Funksystem einbinden. Je nach Gerät werden 230-V-Signale oder der Zustand potentialfreier Kontakte abgefragt und in Funktelegramme umgesetzt.

Funk-Wächter, **Funk-Präsenzmelder** und **Funk-Lichtsensor** sind die batteriebetriebenen Funk-Versionen der häufigsten Sensoren physikalischer Größen im Gebäudebereich. Durch den Batteriebetrieb sind sie unabhängig von der Verfügbarkeit des 230-V-Netzes und ermöglichen so flexible Anwendungen z. B. Funk-Wächter im Gartenbereich.

5.3.1.1 Handsender

Handsender Komfort

Mit dem Handsender Komfort können bis zu 24 Empfänger einzeln mit Schalt- oder Dimmbefehlen angesprochen werden. Der Übersicht halber sind die Sendekanäle aufgeteilt in 3 Gruppen (A, B und C). Die Bedienung erfolgt so, dass zunächst die Gruppentaste und dann die Zifferntaste des entsprechenden Kanals betätigt wird. (z. B. C-7). Jede der drei Gruppen kann dabei als Standard-Gruppe vorgewählt werden, sodass nur die entsprechende Kanaltaste betätigt werden muss.

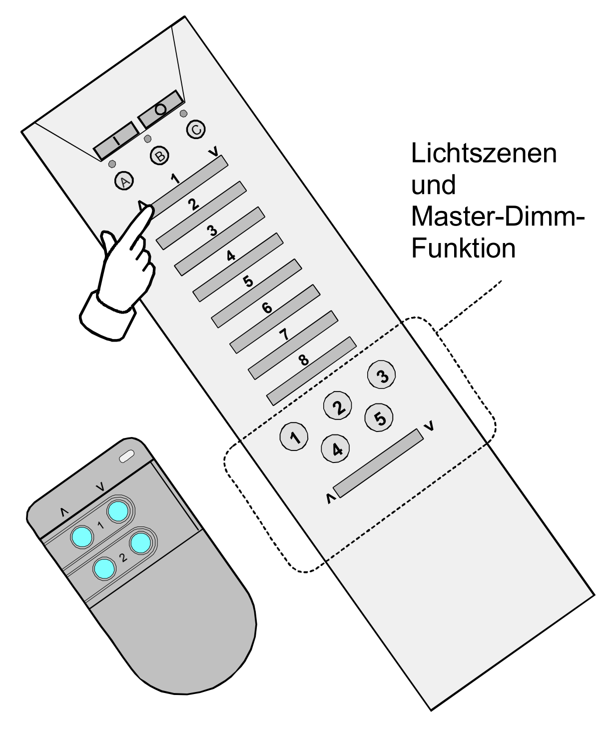


Bild: Funk-Handsender

Weiterhin existieren die übergeordneten Funktionen „Alles-Aus“ und „Alles-Ein“, mit denen alle dem Handsender zugeordneten Verbraucher ein- oder ausgeschaltet werden können. Diese Funktionalität schließt auch das Steuern von Jalousien ein; diese werden – herauf bzw. herunter – in die jeweilige Endposition gefahren.

Zusätzlich können mit dem Handsender Komfort auch Lichtszenen abgespeichert und zu einem beliebigen Zeitpunkt wieder aufgerufen, bei Bedarf sogar – in ihrer Gesamtheit – gedimmt werden („Master-Dimm-Funktion“). So können in einem Gebäude für bestimmte Anlässe geeignete Lichtverhältnisse komfortabel hergestellt und abgerufen werden.

Handsender Mini

Der Handsender Mini ermöglicht die gleiche Bedienung wie der Handsender Komfort. Er verfügt über zwei Sendekanäle, mit denen zwei Empfängergruppen bedient – Beleuchtung schalten oder dimmen; Jalousien fahren oder verstellen – werden können.

Der Handsender Mini kann an einem Schlüsselring befestigt werden und ist somit jederzeit verfügbar, wenn man z. B. bereits von außen einzelne Verbraucher schalten möchte. Seine Reichweite ist jedoch geringer als die des Handsenders Komfort.

5.3.1.2 Wandsender

Wandsender-Einsatz UP

Der Wandsender-Einsatz UP wird komplettiert mit einem instabus-Tastsensor. So entstehen Wandsender mit einer, zwei oder vier Bedienwippen und der gleichen Anzahl steuerbarer Verbrauchergruppen.

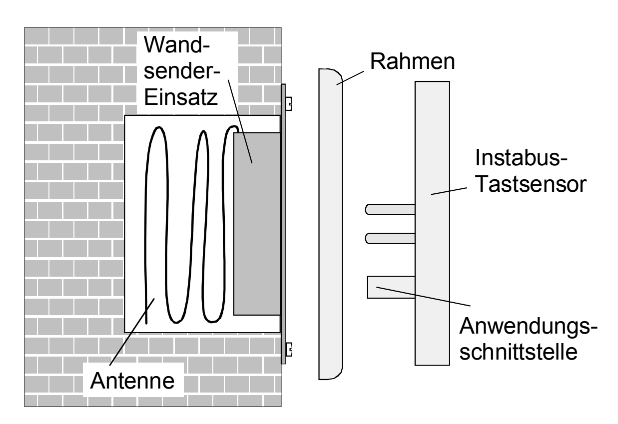


Bild: Funk-Wandsender-Einsatz – Prinzip

Bei der Installation müssen Einsatz und Tastsensor nur noch mit einem passenden Rahmen versehen und zusammengesteckt werden. Je nach Tastsensor (1-, 2- oder 4-fach) können von einem Wandsender bis zu vier Empfänger individuell angesprochen werden. Hierbei gehören je zwei gegenüberliegende Tasten zu einem Kanal. Alternativ können auch bis zu fünf Lichtszenen und die Sonderfunktion „Alles Aus“ realisiert werden. Die vierte Wippe ist immer eine Kanalfunktion bzw. wird für die „Master-Dimm-Funktion“ (nur bei R2-Aktoren) verwendet.

Durch Drücken einer Taste wird ein entsprechendes Funk-Telegramm gesendet. Die Reaktion auf dieses Telegramm (Schalten, Dimmen, Jalousie) ist abhängig von der Art des Empfängers.

Der Wandsender-Einsatz wird wie konventionelle Schalter in eine Unterputz-Dose montiert. Damit die Funkstrahlung sich ungestört ausbreiten kann, ist nicht nur das Gehäuse, sondern auch der Tragring aus Kunststoff gefertigt.

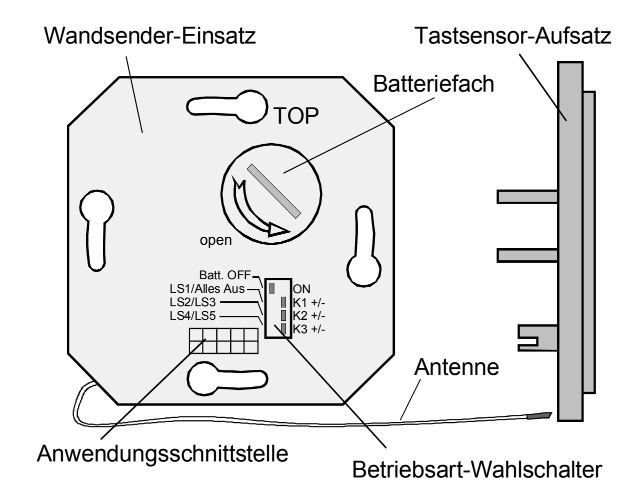


Bild: Wandsender-Einsatz

Wesentliche Elemente des Wandsender-Einsatzes sind:

- Batteriefach: Der Wandsender-Einsatz ist batteriebetrieben und benötigt keine weitere Spannungsversorgung. Die verwendeten Lithium-Knopfzellen sind verbreitete Standardtypen (CR2032) und gut verfügbar.
- Antenne: Die Antenne befindet sich auf der Rückseite und besteht aus einem Draht, der am Ende isoliert ist. Die Antenne darf nicht gekürzt oder verlängert werden, da die Elektronik im Gerät exakt auf diese Antennenlänge abgestimmt ist.

- Anwendungsschnittstelle: Der 10-polige Steckverbinder verbindet Wandsender und das Tastsensor-Bedienelement. Wahlweise können 1-fach, 2-fach oder 4-fach Tastsensor aufgesteckt werden. Die Anwendungsschnittstelle dient zur Stromversorgung des Tastsensors und zur Übermittlung der Bediensignale an den Wandsender-Einsatz.
- Betriebsart-Wahlschalter: Die Funktion der Tasten kann mit den Dip-Schaltern eingestellt werden. Die Tasten können hierbei entweder jeweils einzelne Verbraucher steuern oder zwei Lichtszenen aufrufen (Ausnahmen: Taste 1: Eine Lichtszene und „Alles Aus"-Befehl; Taste 4: Keine Szene). Zwei Tasten sind zu einer Wippe zusammengefasst.

Wandsender „Flach"

Wandsender sind nicht an UP-Schalterdosen gebunden, sondern können auch – in spezielle Gehäuse eingesetzt – an beliebiger Stelle der Wand oder auf Einrichtungsgegenständen montiert werden. Sogar gläserne Trennwände in gewerblichen Räumen lassen sich mit aufgeklebten Wandsendern effektiv nutzen. Die Funktion des Wandsenders „Flach" ist identisch mit der des Wandsender-Einsatzes mit einem Tastsensor als Bedienelement.

5.3.1.3 Multifunktionssender UP

Der Multifunktionssender eignet sich für besonders viele Anwendungen. Er arbeitet batteriegestützt – ist somit unabhängig von der 230-V-Netzspannung –, und besitzt vier Eingänge, mit denen beliebige Installationsgeräte mit potentialfreien Kontakten „funkfähig" gemacht werden, z. B. Installationstaster oder -schalter beliebiger Schalterprogramme, Klingeltaster, Raumtemperaturregler oder Schaltausgänge der Gebäudeleittechnik (z. B. SPS oder EIB). Die Abfragespannung wird vom Gerät zur Verfügung gestellt.

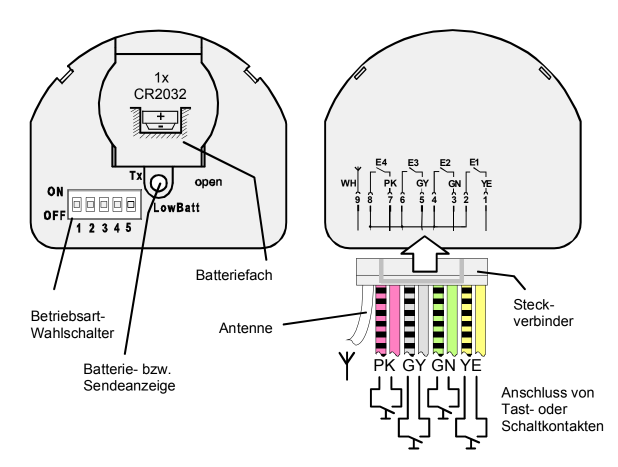


Bild: Multifunktionssender – Vorder- und Rückseite

Die Art der Anwendung eines Sendekanals – Schalten, Dimmen oder Jalousie – wird durch die Art des zugeordneten Empfängers (Schalt-, Dimm- oder Jalousieaktor) bestimmt. Die Einstellung der Funktion erfolgt über den Betriebsart-Wahlschalter (5-poliger DIP-Schalter):

Nr.	DIP-Einst.					Eing. 1	Eing. 2	Eing. 3	Eing. 4	Anschluss
	1	2	3	4	5					
1	0	0	0	0	0	4x Schalten / Dimmen (1-flächig)				Taster
2	0	0	0	1	0	2x Schalten / Dimmen / Jalousie (2-flächig)				Taster
3	0	0	1	0	0	4x Schalten (1-flächig)				Schalter (Schließer)
4	0	0	1	1	0	4x Schalten (1-flächig)				Schalter (Öffner)
5	0	1	0	0	0	Alles Ein	Alles Aus	Lichtszene 1	Lichtszene 2	Taster
6	0	1	0	0	1	Alles Aus	Lichtszene 1	Lichtszene 2	Lichtszene 3	Taster
7	0	1	0	1	1	Alles Aus	Lichtszene 3	Lichtszene 4	Lichtszene 5	Taster
8	0	1	0	1	1	Lichtszene 1	Lichtszene 2	Lichtszene 3	Lichtszene 4	Taster

1-flächige Bedienung: An jeden Eingang ist ein Taster angeschlossen; die Bedienfläche jedes Tasters wird zum ein- und ausschalten (heller und dunkler dimmen) genutzt. Eine Betätigung bewirkt abwechselnd ein- und ausschalten bzw. heller und dunkler dimmen.

2-flächige Bedienung: Zwei Eingänge (1+2 bzw. 3+4) sind zu einem Kanal zusammengefasst; Anschluss eines Doppeltasters pro Kanal. Eine Bedienfläche wird zum einschalten (bzw. heller dimmen oder Jalousie auffahren), die andere zum ausschalten (bzw. dunkler dimmen oder Jalousie herunterfahren) genutzt.

Betrieb mit Schaltern: Bei Betätigen des Schalters werden die entsprechenden Schalttelegramme gesendet.

a. Schließer:

Schließen: Ein-Telegramm; Öffnen: Aus-Telegramm.

b. Öffner:

Öffnen: Ein-Telegramm; Schließen: Aus-Telegramm.

Tabelle: Multifunktionssender UP – Betriebsarten

Der Multifunktionssender misst den elektrischen Widerstand zwischen seinen Eingangsklemmen. Ein Wert größer als 100 MΩ wird als „Kontakt geöffnet“, ein Wert kleiner als 10 kΩ als „Kontakt geschlossen“ interpretiert. Beim Betrieb von Tastern wird außerdem zwischen langer (> 1 s) und kurzer (< 1 s) Betätigung unterschieden. Die Funk-Empfänger reagieren entsprechend:

	kurz	**lang**
Schaltaktor	Ein/aus	Ein/aus
Dimmaktor	Ein/aus	Heller/dunkler
Jalousieaktor	Lamellenverstellung	Fahren auf/ab

Tabelle: Multifunktionssender UP – kurze und lange Betätigung

Durch die kompakte Bauweise passt der Multifunktionssender auch in UP-Dosen hinter Lichtschalter, Zeitschaltuhren o. ä.

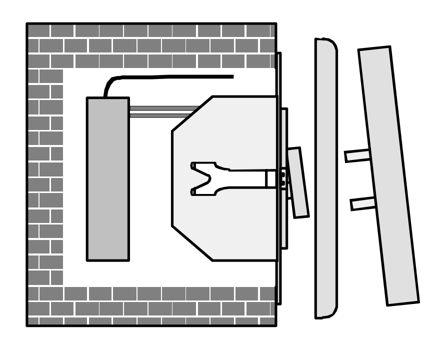


Bild: Multifunktionssender UP – Montage in Unterputz-Dose

Nicht benötigte Leitungsadern sind zu isolieren und dürfen keine spannungführenden Teile berühren. Die Antenne ist auf die Funkfrequenz des Funksystems abgestimmt und darf weder gekürzt noch verlängert werden. Der Empfang ist optimal, wenn die Antenne frei gestreckt verlegt ist.

5.3.1.4 Universalsender UP

Der Universalsender eignet sich zum Anschließen von Sensoren mit 230-V-Schaltkontakt wie z. B. Raumthermostat oder Zeitschaltuhren. Auch bereits in Gebäuden vorhandene konventionelle Sensorik wie Helligkeitsfühler und Bewegungsmelder können durch den Einsatz eines Universalsenders in das Funksystem eingebunden werden und müssen nicht durch neue Funkkomponenten ersetzt werden.

Der Universalsender benötigt keine Batterie, sondern versorgt sich bei Betätigung aus der anliegenden 230-V-Signalspannung. Daher entsteht vom Betätigen bis zum Senden des Telegramms und der Reaktion am Empfänger eine Zeitverzögerung von ca. 0,3 s. Bedienungen müssen aus diesem Grunde mindestens 2 s anliegen; ansonsten können instabile Zustände eintreten. Betrieb mit manuell bedienten Tastern ist daher nur eingeschränkt zu empfehlen.

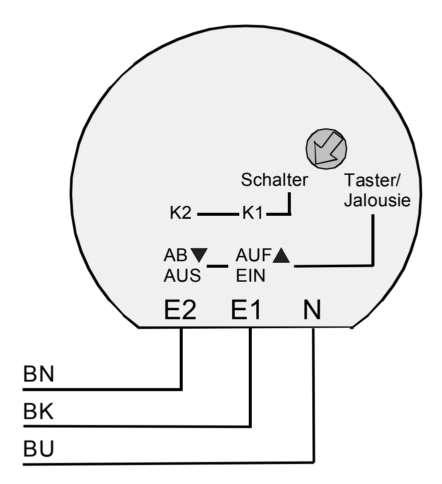


Bild: Universalsender UP

Der Universalsender sendet – je nach eingestellter Betriebsart – Befehle

- zum Schalten von Leuchten,
- zur Aktivierung eines Türgongs (siehe Hinweise zu „Klingeltaster“) oder
- zum Öffnen und Schließen von Jalousien (Lamellenverstellung wird nicht unterstützt).

Die Betriebsart wird mit einem Drehschalter eingestellt:

1. Funktion „2-Kanal Schaltsender“: Der Drehschalter wird in Stellung „Schalter“ gebracht. Beim Schalten der Netzspannung an E1 wird das Telegramm „Kanal 1 Einschalten“ gesendet; beim Schalten der Netzspannung an E2 das Telegramm „Kanal 2 Einschalten“. Beim Wegschalten der Netzspannung sendet der Universalsender das entsprechende Ausschalt-Telegramm.
2. Funktion „Klingeltaster“: Diese Sonderfunktion des Universalsenders ermöglicht z. B. die Ansteuerung einer Türglocke. An die Klemme E2 wird zur Spannungsversorgung des Senders die Netzspannung angeschlossen. Bedienungen an Klemme E1 z. B. durch einen Taster werden in die entsprechenden Ein- bzw. Aus-Telegramme umgesetzt.

3. Funktion „Tastsender“: Der Drehschalter wird in Stellung „Taster/Jalousie“ gebracht. Beide Eingangsklemmen sind zu einem Kanal zusammengefasst. Beim Schalten der Netzspannung an E1 wird das Telegramm „Kanal 1 Einschalten“ gesendet; beim Schalten der Netzspannung an E2 das Telegramm „Kanal 1 Ausschalten“. Beim Wegschalten der Netzspannung sendet der Universalsender kein Telegramm.
4. Funktion „Jalousiesender“: Der Drehschalter wird in Stellung „Taster/Jalousie“ gebracht. Beide Eingangsklemmen sind zu einem Jalousiekanal zusammengefasst. Beim Schalten der Netzspannung an E1 wird das Telegramm „Jalousie auffahren“, beim Schalten der Netzspannung an E2 das Telegramm „Jalousie abfahren“ gesendet. Beim Wegschalten der Netzspannung sendet der Universalsender ein „Stop“-Telegramm. Aufgrund der Bauweise von Jalousiemotoren (Kondensatormotor) darf der Universalsender nicht parallel zu einem Motor angeschlossen werden.

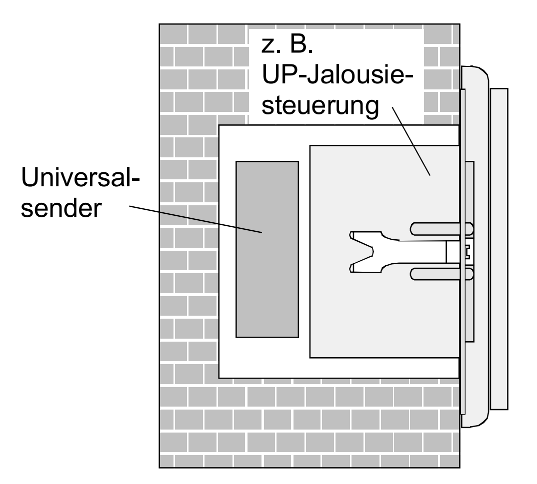


Bild: Instafunk-Universalsender – Montage

Der Universalsender ist für die Unterputz-Montage konzipiert und passt auch, wenn tiefe UP-Abzweigschalterdosen verwendet werden, in den Hohlraum hinter UP-Geräten.

5.3.1.5 Funk-Wächter

Der Funk-Wächter nutzt das Funktionsprinzip des PIR-Bewegungsmelders.

PIR-Bewegungsmelder (PIR = passiv-Infrarot) überwachen mit einer für Infrarot-Strahlung empfindlichen Sensorik einen Raumbereich auf Temperaturänderungen, die durch Bewegungen von Menschen oder Tieren verursacht werden, deren Körpertemperatur sich von der Umgebungstemperatur deutlich unterscheidet. Aufgabe eines Bewegungsmelders ist es, bei Dunkelheit Licht einzuschalten, wenn Bewegung erkannt wird (z. B. zur Verkehrswegsicherung).

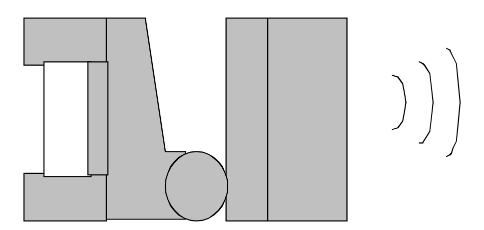


Bild: Funk-Wächter

Sobald der Funk-Wächter eine Bewegung erkannt hat, sendet er ein Telegramm mit einem Einschaltbefehl. Wiederholte Bewegungen erzeugen erneute Einschalttelegramme, die den Empfänger nachtriggern. Ausgeschaltet wird die Beleuchtung vom Aktor.

Im Funk-Leistungsteil kann die Ausschaltzeit eingestellt werden zwischen ca. 10 s und 15 min. Da die Beleuchtung nur dann eingeschaltet werden soll, wenn es in der überwachten Zone dämmerig oder dunkel ist, misst der Funk-Wächter alle 10 s die Helligkeit seiner Umgebung. Wenn der gemessene Wert während einer Minute 80 lx unterschreitet, wechselt der Funk-Wächter in den Nachtbetrieb und sendet Telegramme. Bei einer Beleuchtungsstärke von 200 lx wechselt der Funk-Wächter in den Tag-Betrieb und stellt das Senden ein. Ein Wächter-Telegramm enthält den gemessenen Helligkeitswert, sodass das Leistungsteil die Umgebungshelligkeit in seine Schalthandlung einbeziehen kann. Am Leistungsteil kann die Helligkeitsschwelle zwischen 10 und 80 lx weiter herabgesetzt werden.

Da gerade bei Bewegungsmeldern der Montageort für die Funktion von entscheidender Bedeutung ist, bieten Funk-Wächter im Vergleich zu konventionellen Geräten erhebliche Vorteile, denn sie müssen nicht dort montiert werden, wo der Planer sie vorgesehen hat und nun die Leitungen enden, sondern sie können – an beliebiger Stelle – dort angebracht werden, wo sie unter den realen Bedingungen optimal funktionieren, z. B. im Außenbereich an Gartenhäuschen oder neben Gartenwegen.

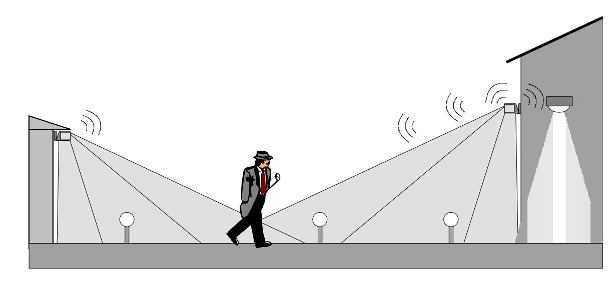


Bild: Funk-Wächter – Anwendung

Der Funk-Wächter verfügt über ein dichtes, halbkreisförmiges Erfassungsfeld mit drei Ebenen und 144 Schaltsegmenten. Das Überwachungs-

feld gliedert sich in Nahbereich (0-3 m), Fernbereich (3-9 m) und Fernbereich (9-16 m). Die Reichweiten beziehen sich auf 2,40 m Montagehöhe, Sensorkopf nicht geneigt, Bewegungsrichtung seitlich zum Wächter und ausreichender Temperaturdifferenz zwischen bewegtem Körper und Umgebung.

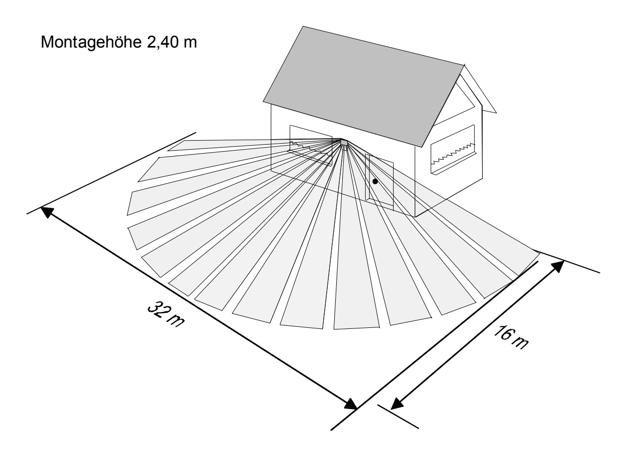


Bild: Funk-Wächter – Reichweite

Der Funk-Wächter arbeitet auch mit Schalt- bzw. Dimmaktoren zusammen. Die Nachlaufzeit ist dann im Aktor fest auf 1 min eingestellt; die Messung und Bewertung der Helligkeit geschieht nach wie vor im Funk-Wächter.

5.3.1.6 Funk-Präsenzmelder

Präsenzmelder werden im Innenbereich (z. B. Büros) zum bedarfsgerechten Schalten von Beleuchtung eingesetzt. Kriterium hierfür ist:

- Bewegung innerhalb des überwachten Raumbereichs,
- Helligkeit der überwachten Fläche unterschreitet einen eingestellten Wert.

Präsenzmelder basieren auf dem gleichen Prinzip wie Wächter und überwachen einen Raumbereich auf Bewegungen. Im Gegensatz zum Wächter ist die Aufgabe eines Präsenzmelders, Energie einzusparen und das Licht auszuschalten, wenn es nicht mehr benötigt wird. Dies ist dann der Fall, wenn sich keine Person innerhalb des Erfassungsbereichs mehr aufhält, oder wenn die Umgebungshelligkeit den geforderten Wert überschreitet.

Zusammen mit Funk-Dimmaktoren kann der Funk-Präsenzmelder als Konstantlichtregler eingesetzt werden. Der Lichtregelbetrieb ist aktiv, sobald ein Dimmaktor verwendet wird. Der Präsenzmelder sendet hierbei Ein- bzw. Ausschalttelegramme; der eigentliche Regelungsvorgang selbst findet im Dimmaktor statt. Zusätzliche Informationen im Telegramm sind Nachlaufzeit, gemessener Helligkeitswert und der am Präsenzmelder eingestellte Helligkeitssollwert.

Der Funk-Präsenzmelder unterscheidet – im Zusammenspiel mit Funk-Dimmaktoren die folgenden Betriebsarten:

- Automatik-Betrieb:
  Präsenzerkennung und Helligkeitsregelung; d. h. Einschalten und Regeln, wenn Bewegungen erkannt werden (zur Vermeidung unerwünschter verzögert); Ausschalten, wenn keine Bewegung mehr erkannt wird und die Nachlaufzeit abläuft, oder wenn der Sollwert überschritten wird (min. Dimmstufe, 40 % für 15 min).
- Manuell Einschalten:
  Durch Funk-Telegramm „Ein“ oder manuelle Vor-Ort-Bedienung („Ein“).
- Manuell Ausschalten:
  Durch Funk-Telegramm „Aus“ oder manuelle Vor-Ort-Bedienung („Aus“). Das Licht bleibt ausgeschaltet, solange Präsenz erkannt wird („Diavortragsfunktion“). Wenn keine Bewegungen mehr erkannt werden, kehrt der Funk-Präsenzmelder nach 2 min wieder in den Automatik-Betrieb zurück.
- Helligkeits-Sollwert ändern:
  Durch manuelles „Dimmen“ mit einem Funk-Sender. Dieser neue Wert kann auch dauerhaft gespeichert werden.
- Einschalten für zwei Stunden:
  Zwei Stunden 100%, Regelung inaktiv.
- Ausschalten für zwei Stunden:
  Zwei Stunden aus, keine Präsenzerkennung.

Da der Regelvorgang in den Aktoren errechnet wird, sind die Ein-, Aus- bzw. Dimmtelegramme auch jeweils an die Aktoren gerichtet. Für Lichtregelung werden Aktoren mit einer Software mindestens mit Release-Stand „R2“ benötigt.

Ein Funk-Präsenzmelder darf nicht mehreren Dimmaktoren zugeordnet werden. Wenn eine Arbeitsflächenbeleuchtung durch mehr als einen Dimmaktor bedient wird, kann es – da dann in den Aktoren mehrere Regelprozesse miteinander „konkurrieren“ – zu „Lichtschaukeln“ kommen. Wenn die Nennlast eines Dimmaktors nicht ausreicht, können hierfür Leistungszusätze herangezogen werden.

Zur Überwachung größerer Flächen können mehrere Funk-Präsenzmelder kombiniert und gemeinsam in einem System eingesetzt werden.

Hierbei arbeitet ein Präsenzmelder als Hauptstelle („Master“) und die anderen als Nebenstelle („Slave“).

5.3.1.7 Funk-Lichtsensor

Der Funk-Lichtsensor dient der Energieeinsparung durch helligkeitsabhängige Regelung der Raumbeleuchtung. Er misst die Leuchtdichte über einer Arbeitsfläche und regelt mit einem Funk-Dimmaktor die Beleuchtungsstärke einer Leuchte. Der Lichtsensor sendet hierbei lediglich den gemessenen Helligkeitswert; der eigentliche Regelvorgang wird im Aktor berechnet.

Aus diesem Grunde darf ein Funk-Lichtsensor nicht mehreren Funk-Dimmaktoren zugeordnet werden („Lichtschaukel“-Effekte). Wenn die Nennlast des Dimmaktors für die Beleuchtung nicht ausreicht, kann sie mit Leistungszusätzen erweitert werden.

Mit Schaltaktoren erfolgt die Lichtregelung im Zwei-Punkt-Betrieb.

Der Funk-Lichtsensor hat damit dieselbe Funktionalität wie der Funk-Präsenzmelder – nur ohne die Bewegungs- (Präsenz-) -erkennung.

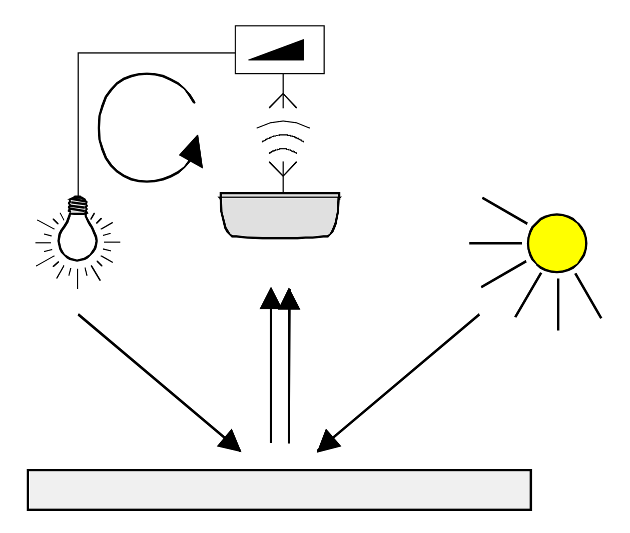


Bild: Lichtregelung mit Funk-Lichtsensor

Der Regelvorgang im Aktor (mindestens mit Software „R2“) beginnt, sobald der Aktor manuell eingeschaltet – über Funk-Sender oder Vor-Ort-Bedienung – wird. Der Aktor schaltet die Beleuchtung aus, wenn er einen Ausschaltbefehl erhält oder wenn bei minimaler Dimmstufe der gemessene Helligkeitswert den Sollwert überschreitet. Eine automatische Wiedereinschaltung erfolgt nicht.

5.3.2 Funkempfänger

Funkempfänger besitzen die invertierte Blockstruktur der Sender. Das Funksignal wird von der Antenne aufgenommen und einem Empfängerbaustein zugeleitet. Dieser verstärkt es, trennt die Information vom Trägersignal und gibt das so zurückgewonnene Telegramm an den Mikrocontroller weiter. Der Controller prüft die Adresse und den Inhalt des Telegramms. Ist das Telegramm für ihn bestimmt, setzt er die Befehle in Kommandos für das nachgeschaltete Leistungsteil um und schaltet Relais oder stellt Dimmstufen ein. Wird ein Medienkoppler in den Empfänger integriert, können die empfangenen Informationen an andere Bussysteme zur externen Verarbeitung weitergegeben werden.

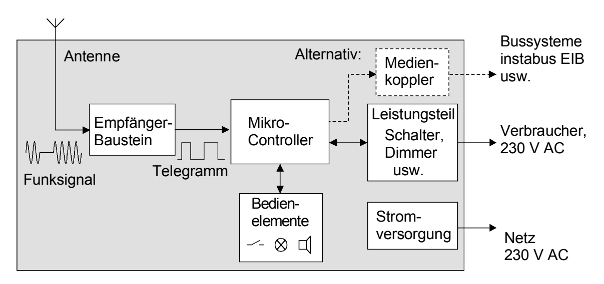


Bild: Blockschaltbild eines Funkempfängers

Entsprechend den verschiedenen Funktionen in einem Gebäude existieren verschiedene Arten von Funkempfängern. So unterscheidet man zwischen Funk-Schalt-, Tast-, Dimm- und Jalousieaktoren, die universell einsetzbar, z. T. auch für spezielle Aufgaben optimiert sind (z. B. Leistungsteil für die Ansteuerung durch Funk-Wächter).

Weitere Kriterien zur Auswahl von Empfängern sind Bauform (Einbaugehäuse für Zwischendecken, unter Putz; geeignet für Außenbereich), Nebenstellenfähigkeit, Lastart (ohmsch, induktiv; Leuchtstofflampen) etc.

5.3.2.1 Funk-Schaltaktoren

Funk-Schaltaktor Einbau

Der Funk-Schaltaktor – auch „Universalempfänger“ – verfügt über einen Relaisausgang, mit der elektrische Lasten bis 10 A geschaltet werden können. Sein Gehäuse ist für den Einbau in Hohlräume wie Zwischendecken oder Leuchtenkörper ausgelegt und eröffnet viele Möglichkeiten, ihn unauffällig im Gebäude unterzubringen.

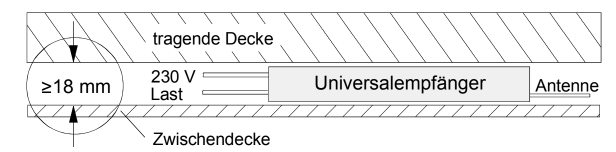


Bild: Funk-Universalempfänger

Der Universalempfänger kann von allen beschriebenen Sendern angesprochen und auch in Lichtszenen eingebunden werden. Der Empfänger kann bis zu 30 Sender und zusätzlich 5 verschiedene Lichtszenen „lernen“.

Das Gerät verfügt über einen Nebenstelleneingang, mit dem ein preiswertes Vor-Ort-Schalten möglich wird. Durch Bedienung eines angeschlossenen konventionellen Installationstasters wechselt der Aktor seinen Schaltzustand (Ein – Aus).

Funk-Schaltaktor Mini

Der Funk-Schaltaktor Mini zeichnet sich – wie der Name schon sagt – durch seine kompakte Bauform aus. Mit einem Durchmesser von 52 mm und einer Höhe von 23 mm passt er in Unterputzdosen und Leuchtenbaldachine. Das Mittelloch kann für den Deckenhaken einer Leuchte genutzt werden.

Zum Schalten dient ein potentialfreies Relais, mit dem Netzspannung und FELV-Kreise bis zu 8 A geschaltet werden können.

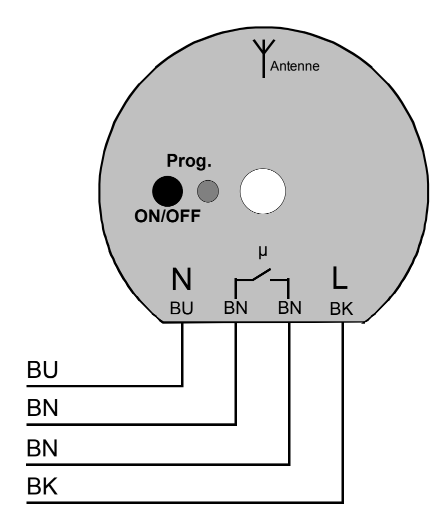


Bild: Funk-Schaltaktor Mini

Der Schaltaktor Mini kann bis zu 14 Funk-Empfänger speichern. Zusätzlich kann er in fünf Lichtszenen eingebunden werden; die Funktion einer „Alles-Ein“- bzw. „Alles-Aus“-Taste z. B. eines Handsenders Komfort wird automatisch mit „gelernt“.

Funk-Tastaktor Mini

Bei diesem Funk-Tastaktor handelt es sich um eine Variante des Funk-Schaltaktors Mini.

Er schließt seinen Relaiskontakt, solange er Einschalt-Telegramme erhält. Die maximale Sendedauer hängt dabei vom verwendeten Funk-Sender ab (in der Regel 4...12 s). Werden keine Einschalttelegramme mehr empfangen, wird der Relaiskontakt wieder geöffnet. Der Tastaktor eignet sich somit für Türglocken, Türöffner etc.

Der Anwendung „Tasterfunktion“ eignet sich naturgemäß nicht für Lichtszenen, Alles Ein/Aus, Lichtregelung und die Ansteuerung durch Funk-Wächter. Entsprechend werden diese Funktionen durch den Tastaktor nicht unterstützt.

Funk-Schaltaktor 2-fach UP

Der Funk-Schaltaktor besitzt zwei Relais zum unabhängigen Schalten von zwei Lasten, die an einen gemeinsamen Außenleiter angeschlossen sind. Er besitzt das gleiche Gehäuse wie der Schaltaktor Mini und ist daher gleichermaßen für den Einbau in Unterputz-Dosen und Deckenauslässe geeignet.

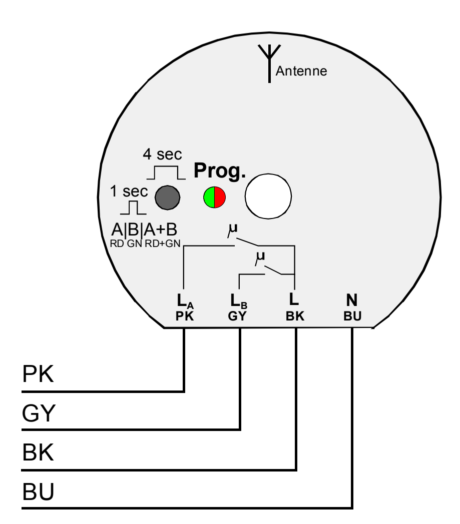


Bild: Funk-Schaltaktor 2-fach UP

Der Funk-Schaltaktor 2-fach kann pro Kanal bis zu sieben Funksender (insgesamt also 14) und fünf Lichtszenen speichern. Beim Zuordnen der Sender werden vorhandene Alles-Ein- bzw. Alles-Aus-Tasten mit zugeordnet.

Nach Installation kann die Funktion der Relais getestet werden, indem die Programmiertaste ca. 1 s betätigt wird. Der Aktor schließt nacheinander die Relais für Kanal A, B und beide Kanäle. Die Programmier-LED leuchtet hierbei nacheinander rot, grün oder rot und grün.

Die Schaltkontakte können jeweils max. 6 A ohmscher Last schalten; die folgenden Schaltleistungen pro Kanal dürfen nicht überschritten werden:

Last	Schaltleistung
Glühlampen	350 W
HV-Halogenlampen	300 W
NV-Halogenlampen	
mit konventionellem Trafo	350 VA (mind. 85% Nennlast)
mit TRONIC-Trafo	300 W
Leuchtstofflampen unkompensiert	350 VA

Tabelle: Funk-Leistungsteil – manuelle Bedienung mit Vor-Ort-Taster oder Funk-Sender

Nach Anlegen der Netzspannung sind die Relais für ca. 0,5 s eingeschaltet.

Funk-Leistungsteil

Das Funk-Leistungsteil dient in erster Linie der Auswertung der Signale von Funk-Wächtern oder Präsenzmeldern, aber auch Signale der übrigen Sender werden erkannt und verarbeitet.

Der Aufgabe entsprechend, kann das Funk-Leistungsteil im Außenbereich eingesetzt werden (Schutzart IP55, Temperaturbereich -25...+55°C) und auch große Lasten schalten (bis 2300 VA).

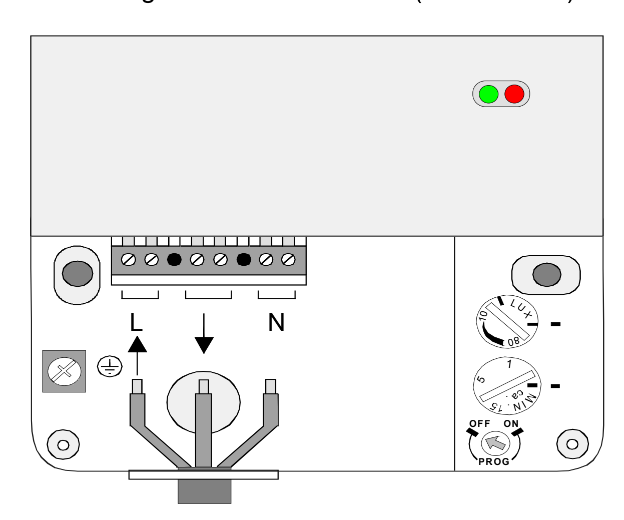


Bild: Funk-Leistungsteil (Klemmraum offen)

Die Telegramme eines Funk-Wächters enthalten neben einem Einschaltbefehl auch die gemessene Helligkeit. Der Funk-Wächter sendet Telegramme, sobald die Umgebungshelligkeit 80 lx unterschreitet. Am Leistungsteil kann die Helligkeitsschwelle, unterhalb der das Gerät die angeschlossenen Leuchten bei erkannter Bewegung einschaltet, bis auf 10 lx herabgesetzt werden.

Auch die Zeitspanne, während der die Beleuchtung eingeschaltet bleiben soll, wird am Leistungsteil eingestellt. Sie wird aktiviert, wenn das Leistungsteil ein Einschalt-Telegramm erhält, und ist im Bereich von ca. 10 s bis ca. 15 min einstellbar. Die Nachlaufzeit ist retriggerbar, d. h. während der Einschaltphase empfangene Ein-Telegramme starten die Nachlaufzeit erneut.

Das Leistungsteil kann manuell über einen Funk-Sender bedient werden. Als Zusatzfunktion ist die Bedienung auch über einen Installationstaster (Öffner) möglich, der in die Zuleitung zum Leistungsteil installiert wird.

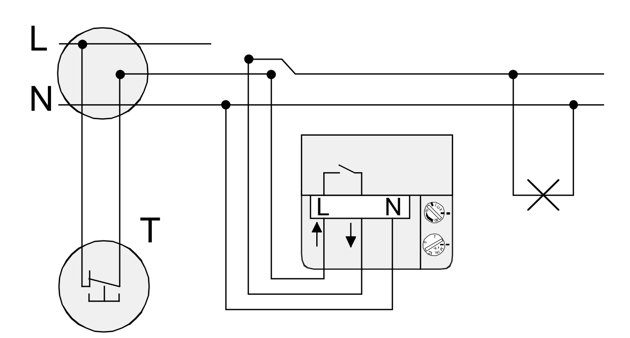


Bild: Funk-Leistungsteil – Vor-Ort-Bedienung mit Installationstaster

Das Leistungsteil reagiert auf die Anzahl kurzer Taster-Betätigungen der Hand-/ Wandsender:

Vor-Ort-Taster	Hand-/Wand-Sender	Reaktion
1-mal kurz	Taste < 1 s	Ein / autom. Aus
2-mal kurz	Taste Ein > 1 s	2 Std. Ein
3-mal kurz	Taste Aus > 1 s	2 Std. Aus
– „Kurze“ Bedienung: 200...600 ms; – Pause zwischen den Impulsen: 600 ms – Einschalten ist helligkeitsunabhängig		

Tabelle: Funk-Leistungsteil – manuelle Bedienung mit Vor-Ort-Taster oder Funk-Sender

Einem Leistungsteil können bis zu dreißig Funkwächter zugeordnet werden, sodass ein Gebäude umfassend, aber auch stromsparend geschützt werden kann. Das Funk-Leistungsteil

kann konventionelle Bewegungsmelder in allen gängigen Schaltungen ersetzen und somit vorhandene Installationen problemlos optimieren.

Funk-Steckdosenadapter

Der Steckdosenadapter ist ein mobiler Funk-Empfänger, der in Schukosteckdosen eingesetzt wird und seinerseits den Netzstecker ortsveränderlicher Verbraucher wie z. B. Stehleuchten aufnimmt. Er empfängt Schaltbefehle von Hand- oder Wandsendern und schaltet den eingesteckten Verbraucher in den gewünschten Zustand.

Mit diesem Empfängertyp lassen sich ortsveränderliche Verbraucher flexibel in das Funksystem integrieren; es können damit auch Stehleuchten in Lichtszenen eingebunden werden.

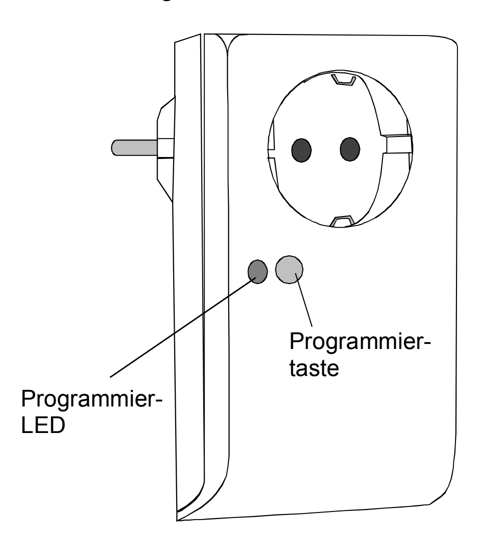


Bild: Funk-Steckdosenadapter

Die Funktion des Funk-Steckdosenadapters ist im wesentlichen identisch mit der anderer Funk-Schaltaktoren. Zusätzlich können die Verbracher auch manuell – „ vor Ort“ – bedient werden, indem die Programmiertaste kurzzeitig betätigt wird. Bei jeder Bedienung wechselt der integrierte Relaiskontakt seinen Zustand. Die Programmier-LED zeigt im normalen Betrieb den Zustand des Verbrauchers an.

Da Steckdosenkreise im allgemeinen mit 16 A abgesichert sind, ist der Funk-Steckdosenadapter zusätzlich über eine eigene integrierte Feinsicherung (T 6,3A H 250 V) abgesichert, die bei Überlast auslöst.

5.3.2.2 Funk-Dimmaktoren

Funk-Universaldimmaktor Einbau

Der Funk-Universaldimmer ermöglicht das funkgesteuerte Schalten und Dimmen einer Beleuchtung. Das Gehäuse ist für den Einbau in Hohlräume, Zwischendecken, Möbel oder Leuchten (auf Abschirmung durch Metallgehäuse achten!) geeignet.

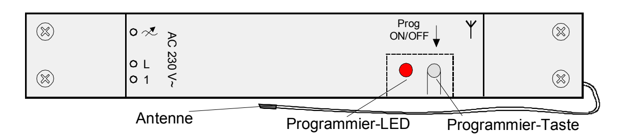


Bild: Funk-Universaldimmer Einbau

Die zu dimmende Last kann zwischen 50 VA und 315 VA betragen. Hierbei ist unerheblich, um welche Art Last – ohmsch, induktiv oder kapazitiv – es sich handelt. Der Universaldimmer misst nach Einschalten der Netzspannung die Charakteristik der Last und wählt das hierfür geeignete Dimmprinzip. Induktive und kapazitive Lasten dürfen nicht gemeinsam an einen Universaldimmer angeschlossen werden. Größere Lasten können mit Hilfe von Leistungszusätzen gedimmt werden.

Der Funk-Universaldimmer besitzt einen Nebenstelleneingang. Hier kann eine „System 2000“-Nebenstelle (keine Taster-Nebenstelle) angeschlossen werden, sodass die Beleuchtung „vor Ort“ mit zwei Bedienflächen gedimmt werden kann. Die Einschalthelligkeit kann als Memory-Wert gespeichert werden.

Durch Betätigen der Programmiertaste kann der Funk-Universaldimmer ein- und ausgeschaltet werden.

Funk-Universal-Schnurdimmer

Der Funk-Universal-Schnurdimmer bietet die Möglichkeit, auch ortsveränderliche (Steh-) Leuchten in eine Funkinstallation – so also auch in Lichtszenen und „Alles Ein“- bzw. „Alles Aus“-Funktionen – zu integrieren.

Das Gerät bietet die gleiche Funktionalität wie der Einbau-Universaldimmer. Die Bedienung erfolgt über einen Funk-Sender (auch Bewegungsmelder) oder durch Drücken der Programmiertaste des Schnurdimmers (ein-/ausschalten).

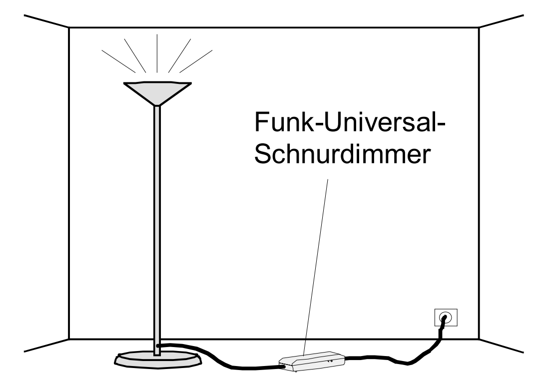


Bild: Funk-Universal-Schnurdimmer

Funk-Steuereinheit 1-10 V

Mit der Funk-Steuereinheit 1-10 V können Leuchtstofflampen, die mit einem geeigneten EVG ausgerüstet sind, geschaltet und auch in ihrer Helligkeit beeinflusst werden. Die Einschalthelligkeit kann als Memory-Wert gespeichert werden.

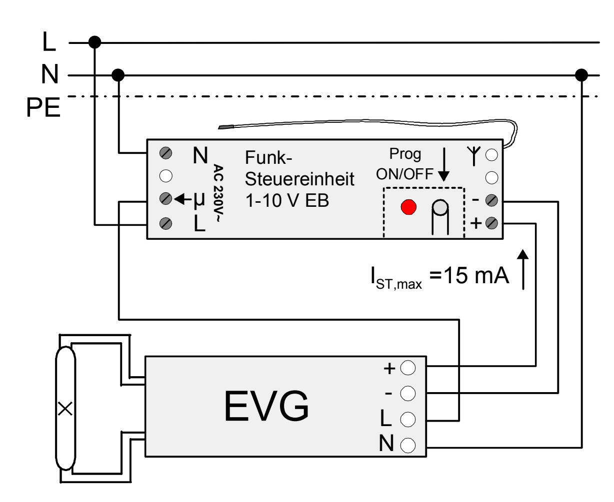


Bild: Funk-Steuereinheit 1-10 V

Die Bedienung erfolgt durch die zugeordneten Funk-Sender oder durch die Programmiertaste (ein-/ausschalten).

Für die Steuerfunktion ist unerheblich, ob die angeschlossenen EVG für das Betreiben von ein oder zwei Leuchtstofflampen ausgelegt sind. Allerdings sind die von den EVGs gelieferten Konstantströme I_{ST} – je nach Hersteller – unterschiedlich. Die Funk-Steuereinheit kann Steuerströme $I_{ST\Sigma}$ bis 15 mA verarbeiten; hierdurch ist die Anzahl steuerbarer EVG begrenzt. Die Tabelle zeigt hierzu einige Beispiele:

Hersteller	I_{ST} pro EVG	Max. Anz. EVG
Helvar	max. 1,0 mA	15 *
INSTA	max. 0,8 mA	18 *
Siemens	max. 0,8 mA	18 *
Osram	max. 0,6 mA	25 *

* Anzahl bezogen auf den Steuerstrom. Einschaltströme beachten; ggf. zusätzliches Schütz verwenden.

Tabelle: Funk-Steuereinheit – Anzahl steuerbarer EVG

Funk-Aufsatz „System 2000“

Der Funk-Aufsatz wird auf einen Dimmer- oder Schaltereinsatz (UP-Baukasten „System 2000“) aufgesteckt. Ein solch modular aufgebauter UP-Funkempfänger bietet gegenüber Funk-Aktoren im Einbau-Gehäuse folgende Vorteile:

- platzsparend und kompakt durch Einbau in UP-Dose (keine Zwischendecken),
- inklusive Vor-Ort-Bedienbarkeit,
- höhere Leistung dimmbar (420 bzw. 500 VA),
- geräuschloses und verschleißarmes Schalten (bei Halbleiter-Schalteinsätzen),
- problemlose Modernisierung durch Nutzung vorhandener Installationen.

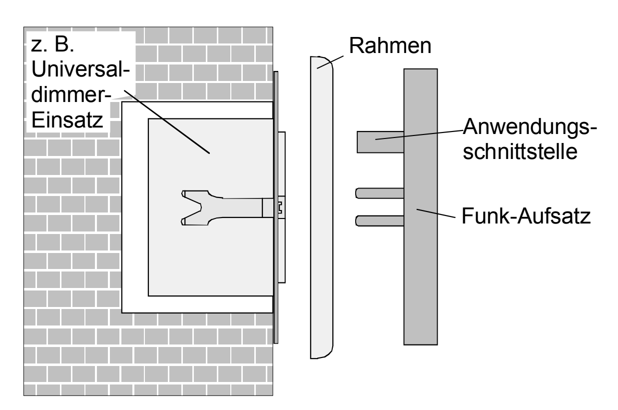


Bild: Funk-Aufsatz

Der Leistungseinsatz wird entsprechend der Lastcharakteristik ausgewählt. Durch den Funk-Aufsatz können die Lasten auch in Lichtszenen integriert werden. Die Bedienung ist über alle Sender, durch Betätigung der Aufsatztasten oder durch Betätigen einer angeschlossenen „System 2000“-Nebenstelle möglich.

5.3.2.3 Funk-Jalousieaktoren

Funk-Jalousieaktor Mini

Mit dem Funk-Jalousieaktor kann ein Jalousie- bzw. Rollladenmotor über Funk bedient werden. Je nach Länge einer Betätigung werden die Lamellen verstellt (kurze Bedienung) oder die Jalousie gefahren (lange Bedienung). Die Endlage der Jalousie (d. h. oben oder unten) kann in Lichtszenen mit eingebunden werden – sinnvoll z. B. für Diavorträge oder Präsentationen, wenn gleichzeitig die Beleuchtung gedimmt und der Raum verdunkelt werden soll.

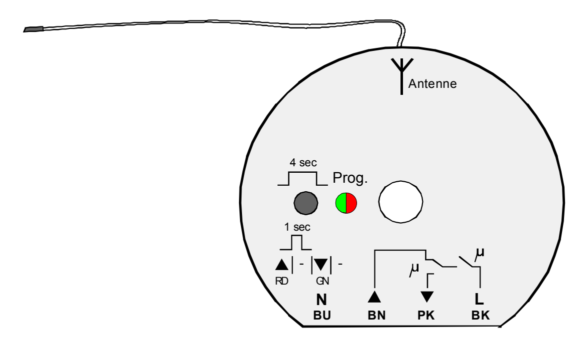


Bild: Funk-Jalousieaktor

Durch die kompakte Bauform kann der Jalousieaktor unauffällig in die Nähe der Jalousie plaziert werden, z. B. in einer Unterputzdose neben dem Rollladenkasten. Um optimalen Empfang zu gewährleisten, sollte der Abstand des Aktors zum Motor mindestens 0,5 m betragen.

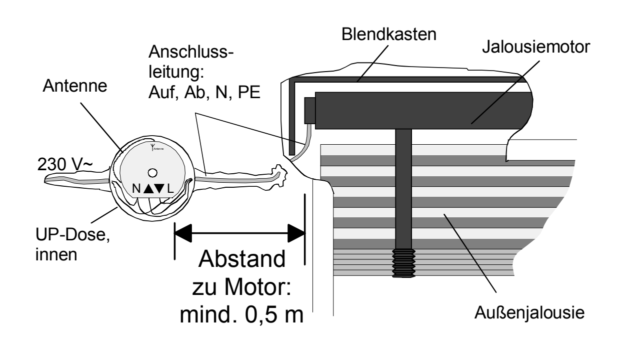


Bild: Funk-Jalousieaktor Mini – Anschlussbeispiel

Nach Montage des Funk-Jalousieaktors und Einschalten der Netzspannung schalten die Relais für ca. 0,5 s ein. Die Relaisfunktion kann getestet werden, indem die Programmiertaste mehrmals für ca. 1 s betätigt wird. Hierbei werden nacheinander folgende Zustände durchlaufen:

Betätigung	Reaktion	LED
1. mal	Auf fahren	Rot
2. mal	Stop	Aus
3. mal	Ab fahren	Grün
4. mal	Stop	Aus

Tabelle: Jalousieaktor Mini – Testbetrieb

Funk-Aufsatz Jalousie

Mit dem Jalousieaufsatz steht ein weiteres UP-Funkempfängermodul zur Verfügung. Er wird auf den Jalousieeinsatz gesteckt, mit dem die Jalousiemotoren angesteuert werden. So stehen – neben der Bedienung über Funk – folgende Funktionen zur Verfügung:

- vor-Ort-Bedienung über Bedientaste,
- Bedienung über Nebenstellen,
- Kombination mit Zeitschaltuhr und/oder Memory-Taste möglich,
- mit Helligkeits-, Glasbruch- und Windsensor kombinierbar,
- als Haupt- oder Nebenstelle innerhalb umfangreicher Jalousiesysteme verwendbar.

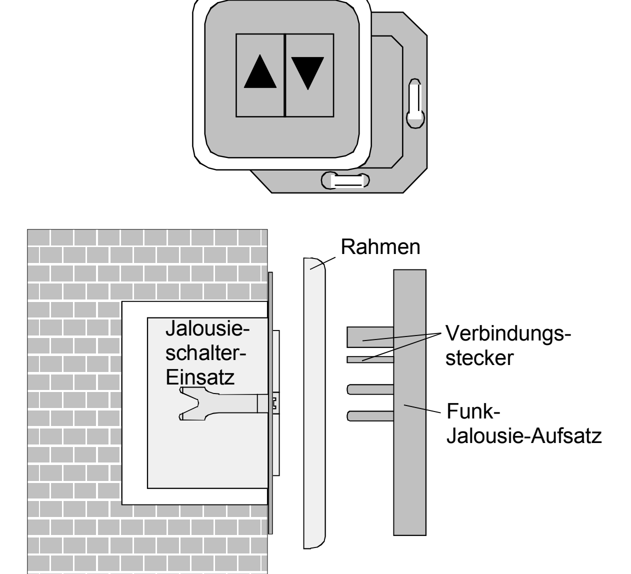


Bild: Funk-Aufsatz

Durch den ergänzenden Anschluss von Sonnen-, Wind- oder Glasbruchsensor können komplexe Funktionen realisiert werden. Beispielsweise kann die Jalousie bei entsprechendem Sonnenstand automatisch heruntergefahren werden, um Pflanzen zu schützen oder die Aufheizung des Raums zu reduzieren. Erkennt der Glasbruchsensor eine zerbrochene Fensterscheibe, wird die Jalousie automatisch geschlossen, um Gebäude und Inventar zu schützen.

Bei Sturm kann die Jalousie automatisch eingefahren werden, um sie vor Beschädigung zu schützen.

Der Funk-Aufsatz Jalousie kann in Lichtszenen eingebunden werden, sodass auch das durch die Fenster eintretende natürliche Licht berücksichtigt werden kann. Allerdings finden hier nur die Endpositionen „völlig aus-“ oder „völlig eingefahren“ und nicht auch noch alle denkbaren Zwischenzustände Berücksichtigung.

Nähere Informationen sind im Kapitel „Jalousie-Steuerungssystem“ enthalten.

5.3.2.4 Funk-EIB-Umsetzer

Der Funk-EIB-Umsetzer koppelt das Funksystem an die Welt des instabus EIB an. Er nimmt Funktelegramme auf, setzt sie in EIB-Telegramme um und speist diese in die Busleitung ein. Mit dieser durchgängigen Verbindung zwischen Funksystem und dem instabus EIB kann z. B.

- das Funksystem als drahtlose Fernbedienung innerhalb von instabus-EIB-Installationen genutzt werden und so deutlich den Komfort im Gebäude steigern.
- die Reichweite des Funksystems auch auf die entferntesten Verbraucher (die mit dem EIB verbunden sind) ausgedehnt werden.

Zusammen mit der Lichtszenentechnik lassen sich so auch komplexe Funktionen realisieren.

Die Inbetriebnahme erfolgt EIB-seitig mit dem Standard-Programmpaket ETS2 („EIB Tool Software“), auf der Funk-Seite mit dem gewohnten Zuordnungsvorgang.

Die Funktionen der Funksender können entsprechend der nachfolgenden Tabelle in EIB-Funktionen umgesetzt werden:

Funkgeräte bzw. Tasten / ETS-Funktion	Handsender / Alles Ein-Taste	Hand- und Wandsender / Alles Aus-Taste	Hand- und Wandsender / Kanal-Tasten (Wippen)	Hand- und Wandsender / Lichtszenentasten	Handsender / Mastertaste (Wippe)	Universalsender / (Fkt.: Taster/Jalousie)	Universalsender / (Fkt.: Schalter)	Funk-Wächter 180
Schalten	• 1)	• 2)	•	• 1)	• 3)	•	–	–
Toggeln	–	–	• 4)	• 5)	• 3)	•	–	–
Dimmen	–	–	• 6)	–	• 3)	•	–	–
Jalousie	–	–	•	–	• 3)	•	–	–
Wertgeber	–	–	• 4)	• 5)	• 3)	•	–	–
Lichtszenennebenstelle	–	–	• 4)	• 5)	• 3)	•	–	–
Lichtszene	–	–	–	• 7)	–	–	–	–
Automatikschalter	–	–	–	–	–	–	–	•
Universalsender als Schalter	–	–	–	–	–	–	•	–

•: Gerät bzw. Taste wird von dieser Funktion unterstützt
–: Gerät bzw. Taste wird von dieser Funktion nicht unterstützt
1) Es wird der unter „Funktion der linken/oberen Taste“ parametrierte Wert gesendet
2) Es wird der unter „Funktion der rechten/unteren Taste“ parametrierte Wert gesendet
3) Die Master-Taste kann wie eine zusätzliche Kanal Taste genutzt werden
4) Linke/obere Taste: Ausgabe über Objekt n (n= 0, 2, 4, ... , 98)
Rechte/untere Taste: Ausgabe über Objekt m (m= 1, 3, 5, ... , 99)
5) Ausgabe über Objekt n (n = 0, 2, 4, ... , 98)
6) Linke/obere Taste: EIN/heller dimmen
Rechte/untere Taste: AUS/dunkler dimmen
7) Es werden die Lichtszenen der Tastennummern 1-5 ausgegeben

Tabelle: Funk-EIB-Umsetzer – Zuordnung von Funk-Komponenten zu ETS-Funktionen

5.3.3 Sender-Empfänger-Paarungen

Unter den Komponenten des Funksystems gibt es Paarungen von Sender und Empfänger, die zweifellos zueinander gehören und ihre gemeinsame Funktion sofort erkennen lassen. So ist klar, dass ein Handsender eine Leuchte dauerhaft ein- und auch wieder ausschalten soll.

Wie aber soll ein Dimmaktor als Funkempfänger reagieren, wenn er in einer Installation mit einem Funk-Wächter als Sender kombiniert wurde? Da der Funk-Wächter nur Einschalttelegramme sendet, müsste er die zugeordnete Leuchte nach dem ersten Telegramm einschalten und – gleiche Funktion vorausgesetzt – nicht wieder ausschalten. Das entspräche jedoch nicht der gewünschten Funktion.

Dieses Beispiel zeigt, welche logischen Probleme bei unüberlegter Sender-Empfänger-Kombination entstehen können. Im angesprochenen Fall erkennt der Dimmer anhand der Sendertypencodierung im Telegramm, dass der Sender ein Funk-Wächter ist, und schaltet die Beleuchtung auf maximale Helligkeit. Nach einer werkseitig voreingestellten Zeit (1 min) schaltet der Dimmer die Beleuchtung automatisch wieder in den früheren Zustand zurück, bis das nächste Telegramm des Funkwächters einen neuen Zyklus auslöst.

Die nachfolgende Tabelle gibt Auskunft über die Funktion aller Sender-Empfänger-Kombinationen, damit diese richtig beurteilt und angewendet werden können.

Sender / Empfänger	Handsender	Wandsender	Funk-Multifunktionssender 4-fach	Funk-Universalsender
Funk-Aufsatz („System 2000“) mit Schalt- oder Dimmeinsatz **Funk-Universal-Schnurdimmer** **Funk-Universaldimmer** **Funk-Steuereinheit 1-10 V**	Dimmen, Schalten, Lichtszenen bilden, Alles Aus, Alles Ein Komfort: Lichtszenen dimmen (Master-Dimm-Funktion)	Dimmen, Schalten, Lichtszenen bilden, Alles Aus	Dimmen, Schalten, Lichtszenen bilden, Alles Aus Alles Ein	Schalten
Funk-Schaltaktor Mini **Funk-Schaltaktor** **Funk-Steckdosenadapter** **Funk-Schaltaktor Mini 2-Kanal**	Schalten, Lichtszenen bilden, Alles Aus, Alles Ein	Schalten, Lichtszenen bilden, Alles Aus	Schalten, Lichtszenen bilden, Alles Aus Alles Ein	Schalten
Leistungsteil	Zeitabhängig schalten*, ausschalten, für 2 h einschalten, für 2 h ausschalten	Zeitabhängig schalten*, ausschalten, für 2 h einschalten, für 2 h ausschalten	Zeitabhängig schalten*, ausschalten, für 2 h einschalten, für 2 h ausschalten	Nicht zulässig
Funk-Jalousie-Aufsatz mit Jalousie-Einsatz **Funk-Jalousieaktor**	Jalousie steuern, Lamellenverstellung, Lichtszenen bilden**, Alles Aus***, Alles Ein***	Jalousie steuern, Lamellenverstellung, Lichtszenen bilden**, Alles Aus***	Jalousie steuern, Lamellenverstellung, Lichtszenen bilden**, Alles Aus***	Jalousie steuern
Funk-Tastaktor Mini **Funk-Tastaktor**	Tasten („Klingelbetrieb“)	Tasten („Klingelbetrieb“)	Tasten („Klingelbetrieb“)	Nicht zulässig

* Einschaltzeiten sind im Bereich von einigen Sekunden bis ca. ¼ h einstellbar.
** Nur die Jalousieposition in der unteren oder oberen Endlage lässt sich in Lichtszenen einbinden.
*** Der Alles-Aus- bzw. Alles-Ein-Funktion kann eine beliebige Endlage der Jalousie zugeordnet werden.

Tabelle: Funktionalität von Sender-Empfänger-Paarungen

Sender / Empfänger	Funk-Wächter	Funk-Präsenzmelder	Funk-Lichtsensor	
Funk-Aufsatz („System 2000“) **mit Schalt- oder Dimmeinsatz** **Funk-Universal-Schnurdimmer** **Funk-Universaldimmer** **Funk-Steuer-einheit 1-10 V**	Für 1 min einschalten (nachtriggernd)	Schaltet helligkeits- und bewegungsabhängig Konstantlichtregelung (Aktoren ab R2)	Konstantlichtregelung (man. Einschaltung erforderlich) (Aktoren ab R2)	
Funk-Schaltaktor Mini **Funk-Schaltaktor** **Funk-Steck-dosenadapter** **Funk-Schaltaktor Mini 2-Kanal**	Für 1 min einschalten (nachtriggernd)	Schaltet helligkeits- und bewegungsabhängig (2-Punkt-Lichtregelung) (Aktoren ab R2)	2-Punkt-Lichtregelung (man. Einschaltung erforderlich) (Aktoren ab R2)	
Leistungsteil	Zeitabhängig schalten*, helligkeitsabhängig einschalten	Schaltet helligkeits- und bewegungsabhängig (2-Punkt-Lichtregelung)	Keine Funktion	
Funk-Jalousie-Aufsatz **mit Jalousie-Einsatz** **Funk-Jalousieaktor**	Keine Funktion	Keine Funktion	Keine Funktion	
Funk-Tastaktor Mini **Funk-Tastaktor**	Keine Funktion	Keine Funktion	Keine Funktion	

* Einschaltzeiten sind im Bereich von einigen Sekunden bis ca. ¼ h einstellbar.
** Nur die Jalousieposition in der unteren oder oberen Endlage lässt sich in Lichtszenen einbinden.
*** Der Alles-Aus- bzw. Alles-Ein-Funktion kann eine beliebige Endlage der Jalousie zugeordnet werden.

Tabelle (Fortsetzung): Funktionalität von Sender-Empfänger-Paarungen

5.3.4 Transceiver

Transceiver sind Geräte, die Telegramme sowohl senden als auch empfangen können. Der Begriff setzt sich zusammen aus den englischen Bezeichnungen für Sender und Empfänger (**Trans**mitter + Re**ceiver**). Sie besitzen eine etwas andere Blockstruktur als reine Funksender und -empfänger. Die Antenne wird sowohl zum Senden als auch zum Empfangen genutzt und steht mit einem Sender- und einem Empfängerbaustein in Verbindung, um Funksignale zu senden oder empfangene Signale zur Verstärkung und Demodulation weiterzuleiten.

Da Senden und Empfangen prinzipbedingt nicht gleichzeitig möglich sind, werden diese Vorgänge zeitlich versetzt, d. h. es wird abwechselnd gesendet und empfangen (TDMA-Verfahren; engl. „time division multiple access“). Trotz des bidirektionalen Datenverkehrs wird nur ein Mikrocontroller benötigt, der den ankommenden und abgehenden Telegrammverkehr verwaltet.

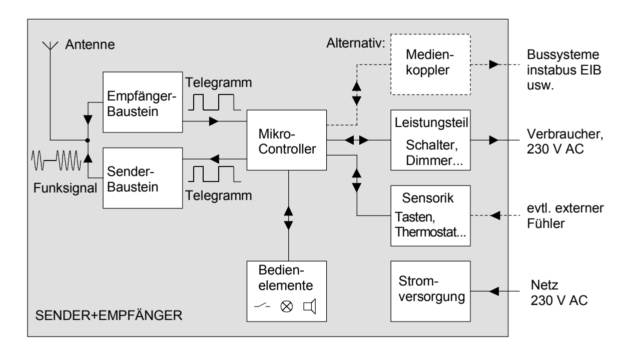


Bild: Transceiver – Blockschaltbild

Repeater

Ein Vertreter dieses bidirektional arbeitenden Gerätetyps ist der Repeater. Er kann Telegramme aufnehmen, auswerten und sie mit hohem Signalpegel erneut aussenden. Damit können Übertragungsstrecken erfolgreich aufgebaut werden, die eine eigentlich zu große Dämpfung aufweisen. Um zu verhindern, dass Telegramme beliebig oft wiederholt werden, wird vor der erneuten Aussendung des Telegramms ein Repeater-Bit gesetzt. Wird ein Telegramm mit gesetztem Repeater-Bit nochmals von einem Repeater eingelesen, erkennt dieser, dass das Telegramm bereits einmal aufgefrischt wurde, und eine Wiederholung wird vermieden.

Der Betrieb mehrerer Repeater, die auf dieselben Sender eingelernt sind, führt zu einer Überlagerung dieser Signale und ist daher zu vermeiden.

5.3.5 Kopplung mit anderen Medien

Soll eine andere im Gebäude installierte Technik Zugang zum Funksystem erhalten, muss ein Medienkoppler in den Sender integriert werden, der diese Informationen in eine für den Mikrocontroller verständliche Sprache umsetzt. Auf diesem Wege können Informationen aus einer anderen Gebäudetechnik im Bereich des Funksystems weiterverarbeitet werden.

5.4 Installation und Inbetriebnahme
5.4.1 Ausbreitung und Dämpfung von Funkstrahlung in Gebäuden

Funksignale werden auf ihrem Weg vom Sender zum Empfänger durch verschiedene Einflüsse geschwächt. Der Fachmann spricht von der „Bedämpfung“ des Funksignals, die auch die Sendereichweite beeinflusst. Voraussetzung für eine erfolgreiche Verständigung zwischen Sender und Empfänger ist natürlich, dass die Funksignale des Senders den Empfänger in ausreichender, d. h. noch auswertbarer Stärke erreichen.

Funkreichweite

Folgende Parameter bestimmen die Funkreichweite:

- die vom Sender effektiv abgestrahlte Leistung (ERP = „effectively radiated power“),
- die Dämpfung auf der Übertragungsstrecke,
- die Antennenhöhe,
- Auslöschungen von Funksignalen durch Überlagerungen mit reflektierter Strahlung,
- die Charakteristik der Sende- und Empfangsantenne, beschrieben durch den Antennenfaktor,
- die Ausrichtung der Sende- und Empfangsantenne zueinander, im Zusammenhang mit der Polarisation der Funkstrahlung.

Abgestrahlte Leistung

Der Hersteller eines Funk-Senders darf die ERP nicht beliebig erhöhen. Sie ist gesetzlich reglementiert um sicherzustellen, dass verschiedene Nutzer von Funktechnik sich nicht gegenseitig stören. Funk-Sender des in der Gebäudesystemtechnik genutzten ISM-Bandes dürfen eine maximale Leistung von 10 mW ERP abstrahlen.

Dämpfung

Unter Dämpfung versteht man allgemein die „Abschwächung“ einer physikalischen Größe. Bei Funk-Strahlung ist die Dämpfung die Abschwächung der Leistung der elektromagnetischen Strahlung – oder: Das Verhältnis zwischen ausgesendeter und empfangener Strahlungsleistung.

Im freien Raum entsteht Dämpfung dadurch, dass sich die Funkstrahlung von der Sendeantenne kugelförmig in den Raum ausbreitet. Im Fernfeld – bei 433 MHz ab ca. 3 m – sinkt die beim Empfänger ankommende Strahlungsleistung mit zunehmender Entfernung quadratisch. Die Dämpfung auf der Übertragungsstrecke wird in technischen Unterlagen in Dezibel [dB] angegeben.

Das Dezibel ist eine logarithmische Größe. Bei Leistungen bedeutet eine Dämpfung um 10 dB eine Reduzierung der Strahlungsleistung auf ein Zehntel des Ausgangswerts, eine Dämpfung um 20 dB auf ein Hundertstel.

In logarithmischer Darstellung stellt sich der typische Dämpfungsverlauf, wie er für die nahezu ungestörte Funkübertragung im freien Feld gegeben ist, als Gerade dar:



Bild: Dämpfung des Funksignals im freien Raum

Verhältnisse im „freien Raum“ sind ideale Bedingungen für die Ausbreitung elektromagnetischer Strahlung – diese sind allerdings nur im Weltraum vorzufinden. Auf der Erde finden sich immer Begrenzungen, die die Ausbreitung von Funkwellen beeinflussen – durch Reflexion, Beugung, Brechung etc. Weitgehend störungsfreie Ausbreitungsbedingungen finden sich im sogenannten „Freifeld“; hier werden auch Reichweitenmessungen durchgeführt.

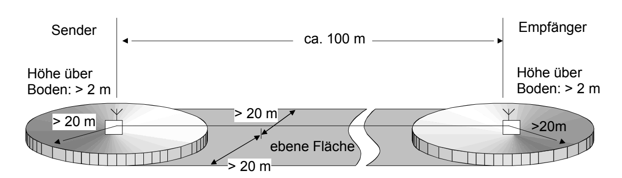


Bild: Freifeld-Messplatz – Definition

Der Begriff „Freifeld“ bezeichnet – wie der Name sagt – eine freie Fläche, in der sich Funkstrahlung weitgehend ungehindert ausbreiten kann und Störeffekte durch bauliche Gegebenheiten oder Hindernisse keinen Einfluss haben. Ein Freifeldmessplatz besteht aus einer ebenen, gut leitenden Fläche. Im Umkreis von 20 m – jeweils von Sender und Empfänger – dürfen keine Hindernisse oder Bebauung vorhanden sein. Bei einer Entfernung von 100 m beträgt die Länge des Messplatzes also 140 m.

Die Antennen müssen optimal ausgerichtet sein, und die Antennenhöhe muss so bemessen sein, dass sie keinen Einfluss auf die Reichweite hat; bei einer Reichweite von 100 m sind dies mindestens 2 m.

Unterschiede zwischen Freifeld und freiem Raum bestehen darin, dass ein Teil der Funkwellen am Boden reflektiert wird und sich mit der direkt ausgestrahlten Welle überlagert. Auch in kurzen Entfernungen können so relativ hohe Dämpfungswerte entstehen.

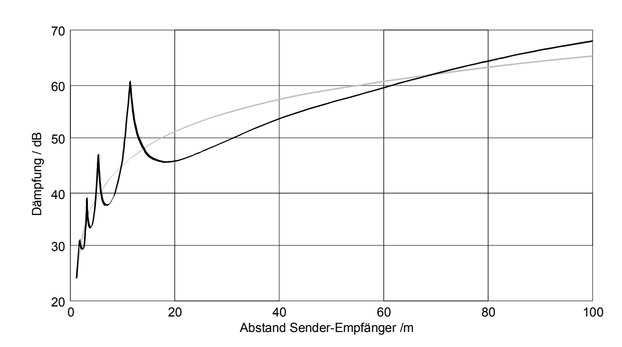


Bild: Dämpfung im Freifeld und im freien Raum

Eine zusätzliche Dämpfung gegenüber dem Freifeld entsteht, wenn die Antenne von Sender oder Empfänger in geringerer Höhe montiert ist. Die Tabelle gibt diese Abhängigkeit für die Montagehöhe *einer* Funk-Komponente wieder. Wenn beide Antennen niedriger als 2 m angebracht sind, muss mit weiteren Reichweiteneinbußen gerechnet werden.

Montagehöhe des Senders	**Theoretische Reichweite**
> 2,0 m	100 m
1,5 m	56 m
1,0 m	34 m
0,8 m	28 m
0,6 m	23 m
0,4 m	18 m
0,2 m	13 m
Bedingungen: – Montagehöhe des Empfängers 2 m – Ausbreitung im Freifeld	

Tabelle: Sendereichweite in Abhängigkeit von der Montagehöhe des Senders

Sind auf der Übertragungsstrecke Wände und Decken zu durchdringen, hängt die Dämfpung – und natürlich auch die Funkreichweite – maßgeblich von der Art der zu durchdringenden Baumaterialien und von den wirksamen Wanddicken ab. Ein Teil der auftreffenden Funkstrahlung wird an den Grenzflächen reflektiert; ein weiterer Teil wird absorbiert. Ist das Material dazu noch feucht, wie dies in Neubauten oder frisch renovierten Räumlichkeiten der Fall ist (neu tapeziert oder verputzt), wird die durchgelassene Funkstrahlung stärker bedämpft. Experimente zeigten, dass die Dämpfung durch Feuchtigkeit 4 dB (entspricht Faktor 2,5) und mehr betragen kann.

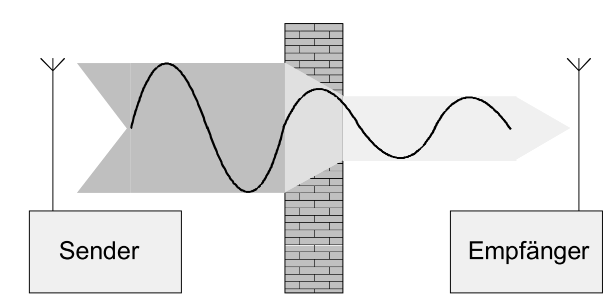


Bild: Dämpfung des Funksignals in Gebäuden

Die Tabelle zeigt die Fähigkeit von Funksignalen, verschiedene Materialien zu durchdringen.

Material (trocken)	**Materialstärke**	**Transmission**
Holz, Gips, Gipskartonplatten, Glas (ohne Metallisierung oder Drahteinlage, kein Bleiglas)	< 30 cm	90...100 %
Backstein, Pressspanplatten	< 30 cm	65...95 %
Armierter Beton	< 30 cm	10...70 %
Metallgitter	< 1 mm	0...10 %
Metall, Aluminiumkaschierung	< 1 mm	0 %
Grundsätzlich zu beachten: Feuchte im Material reduziert die Transmission!		

Tabelle: Durchdringung verschiedener Baumaterialien durch Funksignale

Vorsicht ist geboten, wenn ein Gebäude zur Reduzierung von „Elektrosmog“ mit abschirmenden Materialien ausgestattet ist. Leitfähig beschichtete Unterputz-Dosen sind kaum für Funk-Produkte geeignet; spezielle Abschirmputze und Gipskarton-Schutzplatten (hier sind leitfähige Fasern eingearbeitet, die über Ableitbleche in den Potentialausgleich einbezogen werden) reduzieren die Durchlässigkeit für Funkwellen bis zu 95%. Gleiches gilt für Ständerwerk, in dem hohe Metallanteile (z. B. tragende Teile, metallisiertes Dämmmaterial) eingebaut sind.

Interferenzeffekte

Funkwellen erreichen einen Empfänger sowohl auf dem direkten Weg der Luftlinie als auch über Umwege. Solche Umwege entstehen durch Reflexion der Funkwellen an Grenzschichten zwischen unterschiedlichen Materialien, z. B. an den Oberflächen von Wänden (Grenzschicht gegen Luft). Im Freifeld wird die Funkstrahlung am Boden reflektiert.

Am Empfänger treffen dann Funkwellen unterschiedlicher Phasenlagen ein, die sich überlagern. Im positiven Fall – falls gleichartige Halbwellen aufeinandertreffen – kann dies am Zielort zu einer Verstärkung des Signals führen. Falls jedoch positive und negative Halbwellen zusammentreffen, kann das Signal gedämpft, im schlechtesten Fall sogar ausgelöscht werden und damit die Informationsübertragung – selbst auf kurzen Übertragungsstrecken – sehr stark beeinträchtigt sein.

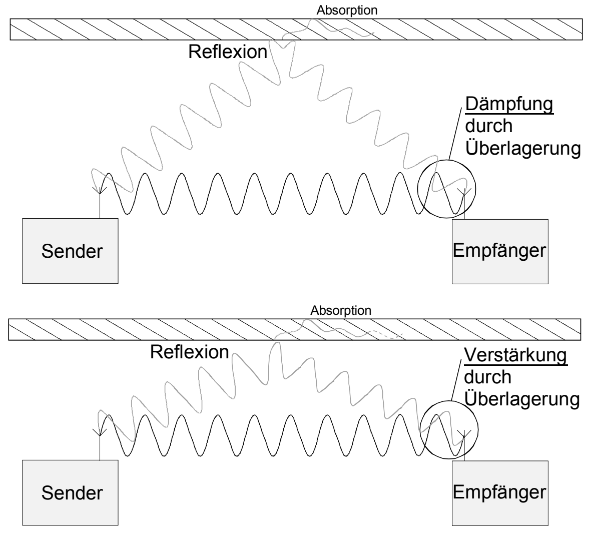


Bild: Dämpfung und Verstärkung von Funksignalen durch Überlagerung

Antennencharakteristik und -ausrichtung

Durch besondere Ausformungen der Empfangsantenne lässt sich erreichen, dass der Empfänger in bestimmten Richtungen auch noch schwächste Funksignale aufnehmen und verarbeiten kann. Analog gilt für Sendeantennen, dass es für die Abstrahlung Vorzugsrichtungen gibt, die für maximale Reichweiten sorgen. Solche Antennen sind aber für die Gebäudesystemtechnik mit Funk durch die RegTP nicht zugelassen.

Sende- und Empfangsantenne sind horizontal oder vertikal in jeweils gleicher Ausrichtung zu installieren, da auch die Funkwelle in der entsprechenden Richtung schwingt („Polarisation“). Werden beide Antennen gegeneinander verdreht, wird das am Empfänger zur Verfügung stehende Signal geschwächt und damit die maximale Funkreichweite verringert. Stehen Sende- und Empfangsantenne senkrecht zueinander, registriert der Empfänger – theoretisch – keine unmittelbar vom Sender ausgestrahlte Leistung mehr. Praktisch kommt es durch Reflexionen zur Drehung der Polarisationsrichtung, wobei dieses reflektierte Signal den Empfänger erheblich abgeschwächt erreicht. Die Nutzinformation wird also nur noch durch diesen relativ geringen Anteil an reflektierter und damit in ihrer Polarisation veränderter Funkstrahlung übertragen.

Beurteilung der Funkstrecke

Aufgrund der Vielzahl von Einflüssen ist die Beurteilung von Funkstrecken in Gebäuden schwierig. Letztendlich kann kein Hersteller von Funkprodukten – auch anderer Systeme wie z. B. Walkie-Talkies – eine verbindliche Aussage zur Reichweite der Funkübertragung in Gebäuden treffen. Es wird darum stets die Reichweite im Freifeld angegeben, die sich auf eine ungestörte Ausbreitung der Funkwellen und optimal ausgerichtete Antennen bezieht. In der Regel sind dies 100 m. Sofern keine besonderen baulichen Maßnahmen zur Abschirmung in Gebäuden vorliegen, sollte damit eine Funkübertragung durch drei Wände und zwei Decken hindurch möglich sein.

Um eine gute Übertragungsqualität zu erreichen, ist bei der Auswahl der Montageorte für Funkprodukte darauf zu achten, dass möglichst wenige bauliche Barrieren die Kommunikation der Funkprodukte erschweren.

Vergrößerung der Reichweite mit Repeater

Falls eine Übertragungsstrecke eine so starke Dämpfung aufweist, dass keine Kommunikation aufgebaut werden kann, ermöglicht der Repeater durch die Wiederholung des Telegramms mit aufgefrischtem Pegel eine Lösung des Problems. Er wird auf ungefähr halber Wegstrecke eingesetzt.

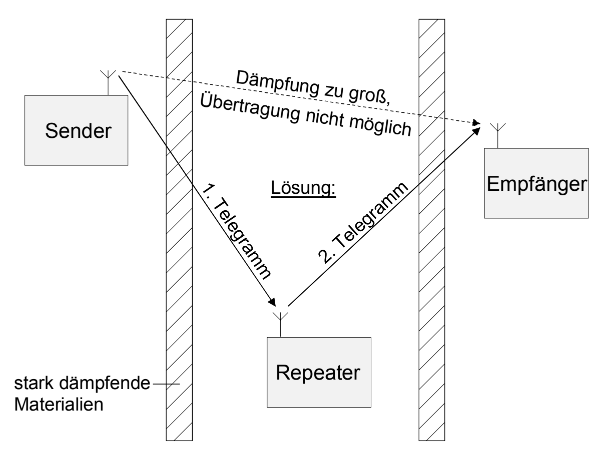


Bild: Einsatz des Repeaters

Um nicht beliebig lange Funkketten zu erzeugen, die durch zeitliche Überlastung des Funkkanals technische Probleme verursachen können, darf jedes Funktelegramm allerdings nur einmal durch einen Repeater aufgefrischt werden. Dies bedeutet, dass in einer Anlage ein Funk-Sender nur in *einen* Repeater eingelernt werden darf.

Im Amtsblatt der RegTP (Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post) ist außerdem festgelegt, dass Repeater nur für die Informationsübertragung innerhalb von Grundstücken eingesetzt werden dürfen, nicht aber über Grundstücksgrenzen hinweg.

5.4.2 Montage von Funk-Geräten

In jedem Gebäude, das mit dem Funk-System ausgerüstet werden soll, gibt es günstige und ungünstige Orte, um die Geräte zu montieren. In Grenzfällen kann es soweit gehen, dass die Wahl des Montageortes über die einwandfreie Funktion einer Funkverbindung entscheidet. Daher sollten die folgenden Hinweise bei der Planung einer Funkinstallation Berücksichtigung finden.

- Bei der Plazierung von Empfängern ist zu berücksichtigen, dass auf der Rückseite von metallischen Gebäudeteilen wie – Pfeiler, Deckenträger, Feuerschutztüren, aber auch Metallteile in Leichtbauwänden – Funkschatten herrscht. Dort angebrachte Empfänger können auf direktem Wege keine Informationen empfangen, sondern sind auf reflektierte Strahlung angewiesen.

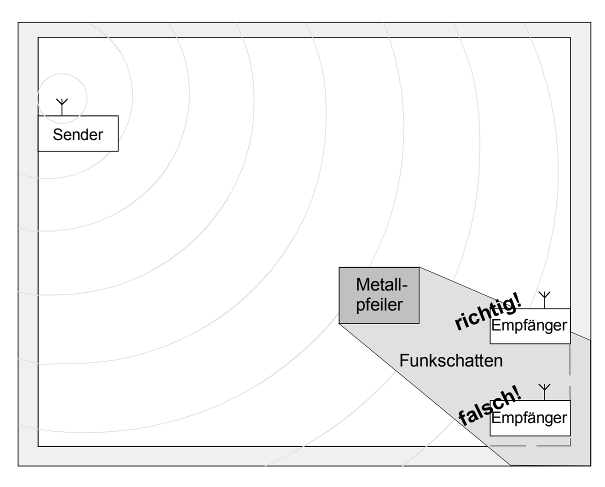


Bild: Ausbildung von Funkschatten

- Fenster sind auf den ersten Blick für Funksignale hervorragend durchlässig. Handelt es sich jedoch um metallbedampfte Wärmeschutzverglasung, wird dieses Fenster für eine sehr starke Dämpfung oder Reflexion des Funksignals sorgen. Gleiches gilt für Sicherheitsglas mit Drahteinlagen. In diesen Fällen ist es sicher günstiger, die Durchdringung der umgebenden Wand zu betrachten.
- Gebäude werden üblicherweise thermisch isoliert, zum Teil mit Dämmwolle, die auf Metallfolie aufgebracht ist. In der Regel wird eine solche Isolation in das Dach eingebracht. Für die Funkübertragung, die nur innerhalb des Gebäudes stattfinden soll, ist dieser Fall relativ unproblematisch. Ist jedoch eine derartige Isolation auch in hohle Leichtbauwände eingebracht, würde die Metallfolie die Transmission des Funksignals durch die Wand verhindern. In diesem Fall stünden für die Übertragung des Funksignals von Raum zu Raum im wesentlichen nur noch die Flächen einer Tür oder massiver Holzbalken zur Verfügung.
- Bei Montage von Funkprodukten in abgehängten Zwischendecken sollte darauf geachtet werden, dass nicht Paneele aus Metall oder mit eingearbeiteter Kohlefaser eingesetzt werden, da solche Paneele das Senden aus dem Deckenhohlraum oder in ihn hinein verhindern.
- Von metallischen Wänden oder Türen sollte ein Mindestabstand von 10 cm eingehalten werden.

- Feuchtigkeit in Decken und Wänden oder Schneelast auf Dächern erhöht deren Leitfähigkeit und damit auch deren Fähigkeit, Funksignale zu dämpfen oder zu reflektieren. Dies ist auch bei noch nicht völlig trockenen Neubauten, dem Regen ausgesetzten Außenwänden und bei Installationen in Dachgeschossen zu beachten. Trockene Gebäude bieten günstigere Bedingungen für Funk als feuchte.
- Geräte des Funk-Systems sollten in einem Mindestabstand von 0,5 m von hochfrequenten Störern installiert werden, damit deren parasitäre Funkstrahlung die Kommunikation des Funk-Systems nicht stören kann. Hierzu zählen Computer (auch Bildschirme), Audio- und Videoanlagen, Mikrowellengeräte, elektronischen Transformatoren und Vorschaltgeräte. Zu Sendeantennen anderer Funkdienste wie schnurlosen Telefonen (DECT) oder Funkkopfhörern sollte sicherheitshalber ein Abstand von 1...3 m eingehalten werden.
- Der Abstand zwischen Sender und Empfänger sollte mindestens 1 m betragen, um ein Übersteuern des Empfängers zu verhindern.
- Die Positionen von zwei Funkprodukten, die Informationen untereinander austauschen müssen, sollten so gewählt werden, dass ihre direkte Verbindungslinie nur auf möglichst kurzen Strecken durch Mauerwerk oder andere dämpfende Materialien verläuft, um die Verluste durch Dämpfung so gering wie möglich zu halten. Die „wirksame Wandstärke“ ist oft größer als die Wanddicke. Besonders ungünstig ist in der Regel die Plazierung eines Funk-Senders in einer Mauernische.

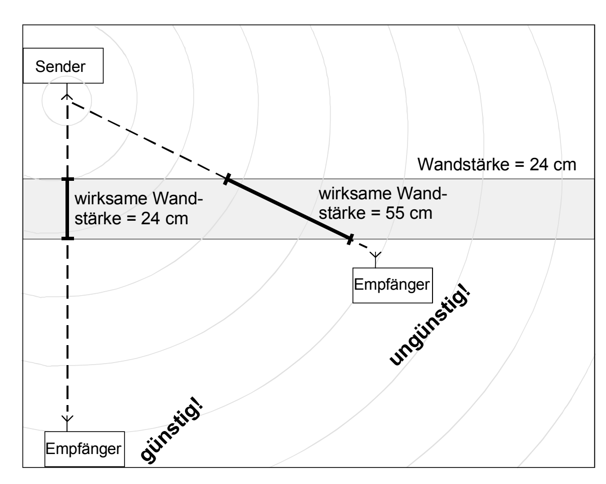


Bild: Wirksame Wandstärke

- Ein Sender oder Empfänger, der gebäudeweit zentrale Aufgaben übernimmt (z. B. ein Repeater oder ein Sender, der alle Leuchten eines Gebäudes ausschaltet oder alle Jalousien synchron steuert) sollte auch zentral im Gebäude installiert werden, damit keine besonders ungünstigen, diagonal durch das ganze Gebäude führenden Übertragungsstrecken entstehen.

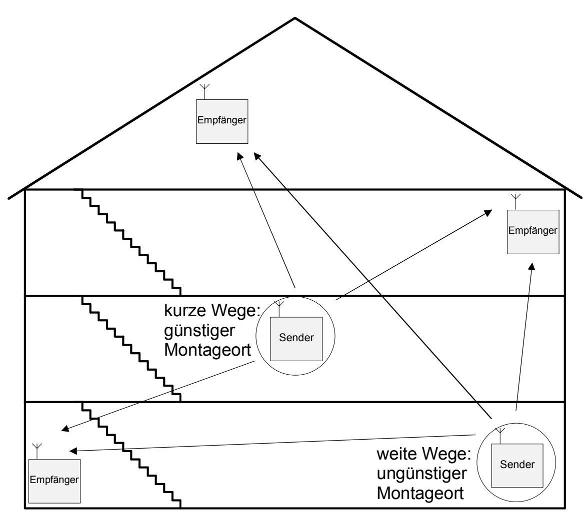


Bild: Montage von Komponenten mit zentralen Aufgaben

5.4.3 Zuordnung von Sendern und Empfängern

Im fabrikneuen Zustand enthalten die Geräte des Funk-Systems noch keinerlei Information darüber, welche Sender mit welchen Empfängern kommunizieren sollen. Auf das Signal eines Funk-Senders reagiert noch kein Empfänger. Erst wenn die Geräte für einen Einbauort vorgesehen sind, kann die Zuordnung zwischen Sendern und Empfängern vorgenommen werden. Dazu lernt jeder Funk-Empfänger den bzw. die Sender kennen, deren Telegramme er später verarbeiten soll. Für diesen einfachen Vorgang sind keine besonderen Programmierkenntnisse oder -werkzeuge erforderlich.

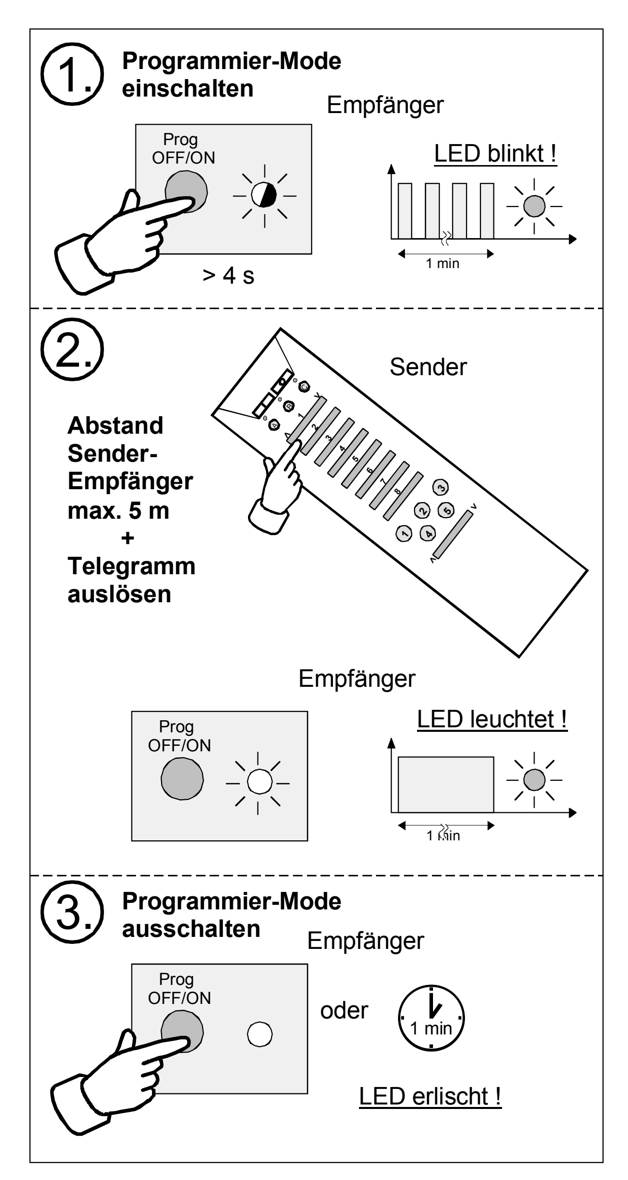


Bild: Zuordnen von Sender und Empfänger („Einlernen“)

1. Im ersten Schritt ist der Empfänger in den „Lernmodus“ zu schalten. Dazu wird z. B. eine Programmiertaste im Empfänger lang (üblicherweise ca. 4 s) betätigt. Zur Bestätigung, dass sich der Empfänger nun im Lernmodus befindet, blinkt die Programmier-LED des Geräts.

2. Im zweiten Schritt wird ein Lern-Telegramm des zuzuordnenden Senders ausgelöst.
   - Hand- oder Wandsender sowie andere Funk-Sender, die Tastenfunktionen ausführen können, werden für eine längere Zeit betätigt (normale Kanaltaste > 1 s, Lichtszenentaste > 3 s).
   - Dem Funk-Wächter werden für ca. 2 min die Batterien entfernt; nach dem Wiedereinlegen werden bei erkannten Bewegungen für ca. 15 min Lern-Telegramme gesendet. So ist sichergestellt, dass Funk-Wächter, die bereits in Betrieb sind, nicht versehentlich gelernt werden, wenn sie ansprechen.
   - Beim Funk-Präsenzmelder und beim Funk-Helligkeitssensor werden ebenfalls die Batterien entfernt (ca. 2 min); nach dem Wiedereinlegen werden für ca. 30 s Lern-Telegramme gesendet.

   Funk-Empfänger, die einen Funk-Sender gelernt haben, zeigen dies an, indem die Programmier-LED vom Blinken in ein Dauerleuchten übergeht.

   Dieses Telegramm enthält die nur einmal vergebene Seriennummer des Senders. Das Telegramm wird vom aktivierten Empfänger eingelesen und der Code des Senders im Empfänger gespeichert. Hat der Empfänger den Code fehlerfrei eingelesen, geht die LED auf Dauerleuchten über.

3. Im dritten Schritt schaltet der Installateur den Empfänger wieder in den normalen Betriebsmodus, indem er die Programmiertaste nochmals betätigt (Alternativ dazu schaltet der Funk-Empfänger nach 1 min selbst in den normalen Modus). Die LED des Empfängers erlischt, und der Lernvorgang ist abgeschlossen. Ab sofort reagiert der ausgewählte Empfänger auf die Befehle dieses Senders.

Alle Komponenten des Funk-Systems werden nach dem beschriebenen Verfahren („Einlernen“) zugeordnet. Form und Position von Programmiertaste und -LED kann hierbei in Abhängigkeit von der Bauform des Empfängers variieren.

Bei einigen UP-Geräten würden ein Programmierschalter und eine Leuchtanzeige das Gerätedesign stören. Solche Empfänger werden beispielsweise durch kombiniertes Betätigen verschiedener Tasten oder durch die besonders lange Betätigung einer einzelnen Taste in den Lernmodus versetzt. Eine Rückmeldung bekommt der Installateur durch akustische Signale. Am Prinzip der drei Schritte, die für einen Einlernvorgang stets einzuhalten sind, ändert sich hierdurch nichts.

Empfindlichkeit im Lernmodus

Da der Empfänger während des Einlernens zufällig anstehende Telegramme anderer Sender des Funk-Systems einlesen könnte, reduziert er seine Empfindlichkeit im Lernmodus sehr stark. Damit der Empfänger das Signal des gewünschten Senders dennoch wahrnehmen kann, ist der Abstand der Geräte zueinander auf etwa 5...10 m zu begrenzen. Daher bietet es sich an, die Einlernvorgänge zeitlich vor der eigentlichen Installation durchzuführen und stets die vorgesehenen Einbauorte für die Geräte – z. B. auf der Geräterückseite – zu notieren.

Dies gilt in besonderem Maße bei Austausch von Funk-Produkten: Erfolgt der Einbau vor dem Einlernvorgang, ist unter Umständen der Abstand zwischen Sender und Empfänger zu groß.

Bis zu dreißig unterschiedliche Sender können auf einen Empfänger eingelernt werden. Die Telegramme aller Sender dürfen in beliebiger Reihenfolge an den Empfänger gesendet werden. Er versteht sie und führt die enthaltenen Befehle aus. Soll die Zuordnung zwischen einem Sender und Empfänger wieder aufgehoben werden, ist der Einlernvorgang ein zweites Mal identisch durchzuführen. Dadurch wird die entsprechende Zuordnung gelöscht. Die LED zeigt einen Löschvorgang dadurch an, dass sie schneller blinkt als beim Zuordnen.

Im Gegensatz zu den Funk-Empfängern, die über die Information der Zuordnung verfügen, liegt in den Funk-Sendern keine Information darüber vor, ob und wieviele Empfänger auf seine Telegramme eingelernt worden sind. Jeder Sender kann daher auf beliebig viele Empfänger eingelernt werden.

5.5 Anwendung des Funk-Systems

Dieses Kapitel gibt einige Beispiele, wie das Funk-System besonders effektiv und sinnvoll eingesetzt werden kann.

5.5.1 Einbindung konventioneller Sensoren

Interessante Problemlösungen lassen sich besonders dann realisieren, wenn „konventionelle" Sensoren mittels eines Universal- oder Multifunktionssenders in das Funk-System eingebracht werden.

Zeitabhängiges Senden

Eine programmierbare Zeitschaltuhr kann mit einem Universalsender kombiniert werden, um zu festgelegten Zeiten Funktelegramme zu senden. Wird der Universalsender dann auf die im Haus installierten Jalousieaufsätze eingelernt, können sämtliche Jalousien des Hauses von zentraler Stelle aus vollautomatisch und zeitgesteuert auf- oder zugefahren werden.

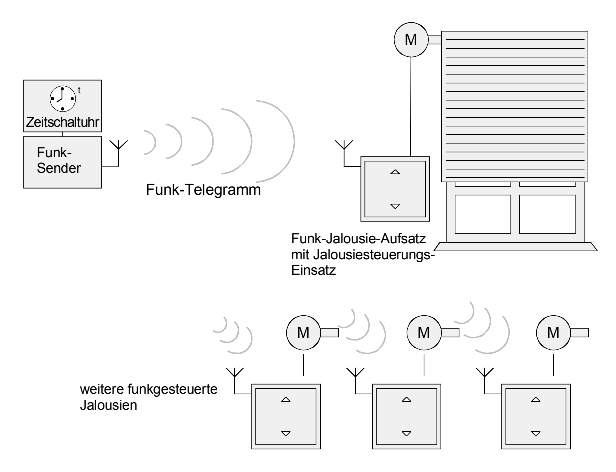


Bild: Zentrale Zeitschaltuhr in einer Jalousie-Funksteuerung

Nicht zu empfehlen sind REG-Zeitschaltuhren, die – mit einem Universalsender kombiniert – in einem Verteilerschrank untergebracht sind, da Verteilerschränke in der Regel aus Metall bestehen und die Übermittlung der Funktelegramme verhindern („Faradayscher Käfig"). Eine UP-Zeitschaltuhr ist in diesem Fall zu bevorzugen.

Sollte der Einsatz einer tiefen UP-Abzweigschalterdose zur gemeinsamen Aufnahme von Zeitschaltuhr und Universalsender nicht möglich sein, kann auch eine zweite UP-Schalterdose mit Blindabdeckung den Universalsender aufnehmen und das Problem lösen.

Thermische Regelkreise

Auch thermische Regelkreise für die Raumheizung können sehr nutzbringend aufgebaut werden. Dazu wird ein konventioneller Raumthermostat mit 230-V-Relaisausgang in UP- oder AP-Bauweise mit einem Universalsender kombiniert. Damit steht die aktuelle Information des momentanen Raumwärmebedarfs als Funk-Telegramm zur Verfügung. Setzt man nun Heizungsventile mit elektrothermischen Stellmotoren ein und steuert diese über einen Funk-Schaltaktor, kann mit einfachen Mitteln ein Zweipunktregelkreis zur Regulierung der Raumtemperatur aufgebaut werden.

Mit elektronischen Raumthermostaten lassen sich am zusätzlich Zeiten programmieren, zu denen die Raumtemperatur nachts – oder auch tagsüber- gesenkt werden soll. Auf diese Weise kann viel Komfort gewonnen und Energie eingespart werden.

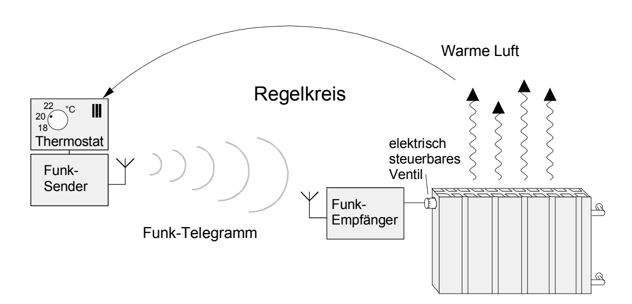


Bild: Funkgesteuerte Raumtemperaturregelung

Anwesenheitssimulation

Wohnhäuser, die über längere Zeit einen unbewohnten Eindruck machen, ziehen Einbrecher an. Um diesen Eindruck zu vermeiden, kann ein Simulationslichtschalter beispielsweise zum Schalten der Flurbeleuchtung eingesetzt werden.

Ein Simulationslichtschalter arbeitet wie ein normaler Lichtschalter, enthält aber einen kleinen Mikrocontroller, der sich alle Betätigungszeiten der letzten sieben Tage merkt, indem er sie in seinem Speicher ablegt. Verlässt der Bewohner für einige Tage sein Haus, kann er den Simulationslichtschalter auf Automatikbetrieb umschalten, und der Lichtschalter wiederholt dann alle Schaltzyklen, die er in der vergangenen Woche abgespeichert hat.

Wird dieser Simulationsschalter mit einem Universalsender kombiniert, können nicht nur die Leuchten „vor Ort" (z. B. im Flur), sondern im ganzen Haus automatisch und wie zufällig – entsprechend den normalen Gewohnheiten – ein- und ausgeschaltet werden.

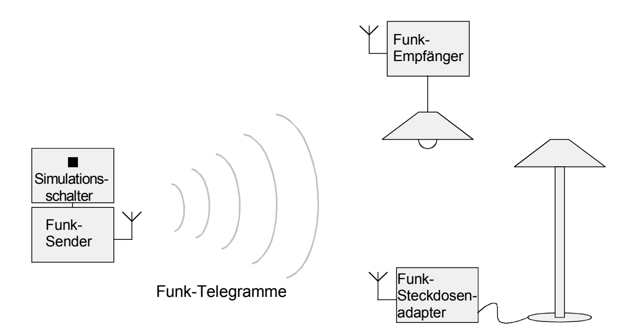


Bild: Anwesenheitssimulation

Weitere Anwendungen

Je nach Anwendungsfall kann es auch sinnvoll sein, Dämmerungsschalter oder UP-Bewegungsmelder mit Universalsendern auszurüsten und in das Funk-System einzubinden. Beispielsweise müssen Lüftungsklappen oder Jalousien von Gewächshäusern oder Wintergärten abhängig von der Raumtemperatur bewegt werden. Der hierfür erforderliche Sensor kann seine Information über einen Universalsender im ganzen Haus verfügbar machen und dafür sorgen, dass auch auf dem Dachboden oder an allen Blumenfenstern entsprechende Aktionen ausgeführt werden. Es müssen hierfür keine zusätzlichen Leitungen verlegt werden; „doppelte" Sensoren können eingespart werden, und – vor allem bei Zeitschaltuhren – natürlich auch der erforderliche Programmieraufwand.

5.5.2 Die „funkgesteuerte" Wohnung

Im folgenden ein Beispiel, wie eine Wohnung mit dem Funk-System sinnvoll ausgerüstet werden kann. Um den Rahmen an dieser Stelle nicht zu sprengen, beschränkt sich das Anwendungsbeispiel auf den Wohn-Ess-Bereich und die Diele.

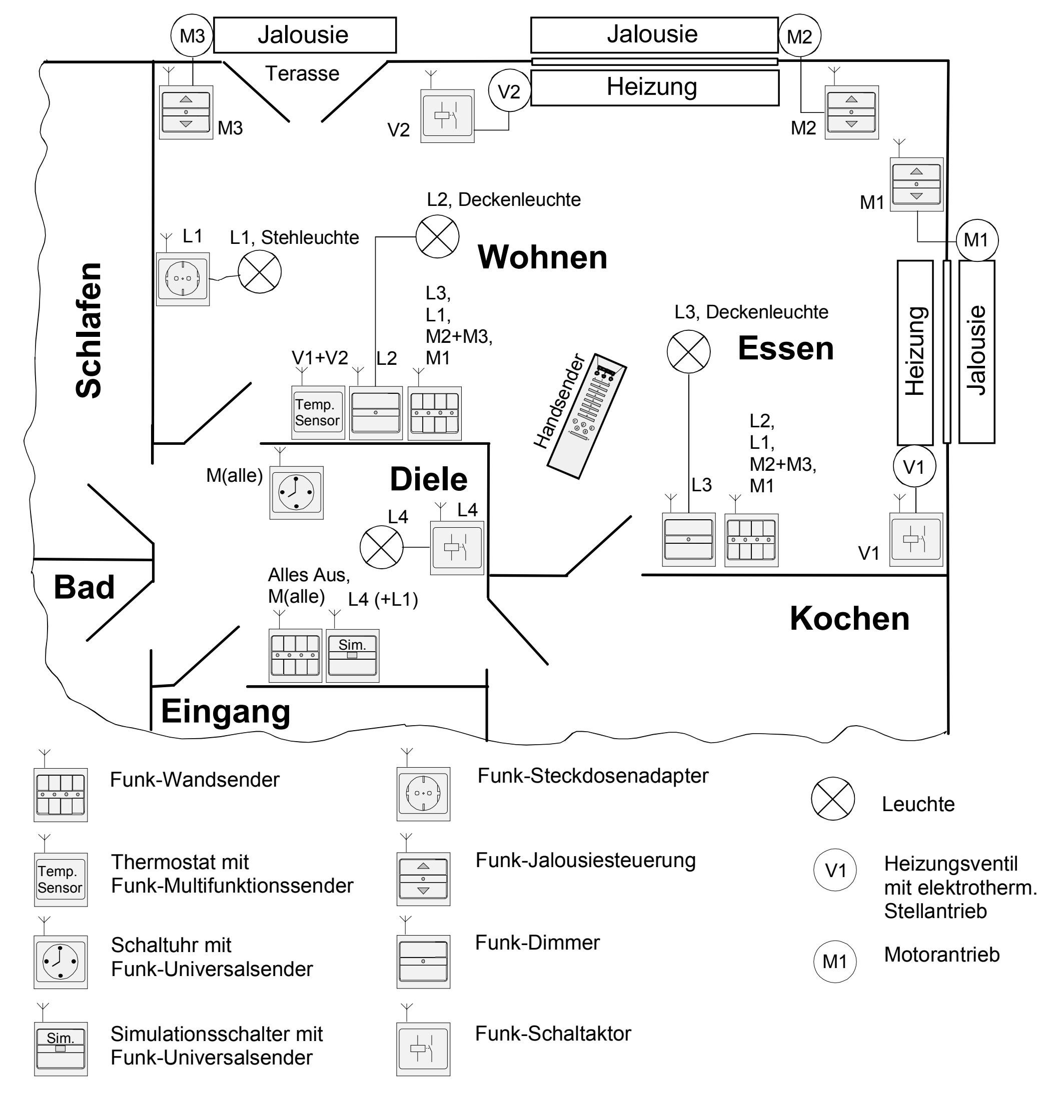


Bild: Projektierung einer Wohnung

Grundgedanke bei der Projektierung war, alle Leuchten und alle motorischen Antriebe für Jalousien und für Heizungsventile über das Funk-System anzusteuern.

Betritt ein Bewohner den Wohn-Ess-Bereich von der Diele oder der Küche her, muss er alle Leuchten und Jalousien dieses Bereichs manuell bedienen können. Dies wird jeweils durch einen vierkanaligen Wandsender und einen Dimmer neben der Tür gewährleistet. Auch die mit einem Steckdosenadapter ausgerüstete ortsveränderliche Stehleuchte kann von der Tür aus geschaltet werden. Um auf weitere Bedienelemente neben den Türen verzichten zu können, wurde die Bedienung der beiden an einer Wand liegenden Jalousien (M2 und M3) zusammengefasst. Dennoch lassen sich alle drei Jalousien (M1 bis M3) durch vor Ort plazierte Jalousiesteuerungen individuell bedienen.

Neben der Tür zur Diele ist ein Thermostat installiert, der mit einem Universalsender ausgerüstet ist. An ihm kann die Raumtemperatur des Wohn-Ess-Bereichs eingestellt werden. Der Thermostat gibt seine Steuerbefehle in Abhängigkeit von der aktuellen Isttemperatur an die Stellmotoren der Heizungsventile (V1 und V2), um die gewünschte Solltemperatur zu erreichen.

In der Diele ist eine UP-Zeitschaltuhr installiert, die über ihren Universalsender alle Jalousien des Hauses zu programmierten Zeiten bewegt. Da sie über ein Astroprogramm verfügt und damit alle Sonnenauf- und -untergangszeiten eines Jahres in ihr gespeichert sind, gibt sie bei Eintritt der Dämmerung an alle Jalousien automatisch den Befehl herunterzufahren. Sollten weitere Licht- oder Heizungsfunktionen ebenfalls zeitlich gesteuert werden, könnte eine mehrkanalige Zeitschaltuhr mit einem Multifunktionssender kombiniert werden.

Ein Wandsender neben der Haustür sorgt für die beim Verlassen des Hauses nötigen Maßnahmen. So wird per zentralen Tastendruck dafür gesorgt, dass alle Leuchten ausgeschaltet und alle Jalousien herauf- oder heruntergefahren werden.

In der Diele dient ein Simulationsschalter (L4) als Lichtschalter. Er täuscht bei längerer Abwesenheit der Bewohner deren Anwesenheit durch die Dielenbeleuchtung (L4) vor.

Zusätzlich kann bei Bedarf der Steckdosenadapter der Wohnzimmer-Stehleuchte (L1) mit wenigen Handgriffen auf den Lichtschalter (L4) eingelernt werden, damit auch eine Leuchte im Wohnzimmer in die Anwesenheitssimulation eingebunden wird. In Kombination mit den bei Eintritt der Dämmerung herunterfahrenden Jalousien wird dieses Haus den Eindruck vermitteln, bewohnt zu sein.

Weitere typische Anwendungen sind z. B.:

- Funk-Wandsender in der Küche über der Spüle oder im Bad über der Badewanne – also Bereichen, in denen konventionelle Lichtschalter gar nicht installiert werden dürfen!
- Funk-Schnurdimmer in der Zuleitung zur Stehleuchte, damit diese auch gedimmt werden kann;
- Funk-Bewegungsmelder im Außenbereich, der neben der Außenbleuchtung auch das Flurlicht mit ansteuert;
- Präsenzmelder in Küche und Arbeitszimmer

und vieles andere mehr.

5.5.3 Lichtszenen

Mit dem Lichtszenenkonzept des Funk-Systems steht ein umfangreiches Werkzeug zur Komfortsteigerung zur Verfügung.

Um – beispielsweise während eines Abendessens – eine gemütliche Atmosphäre zu schaffen, sind normalerweise etliche Tastenbetätigungen erforderlich. So ist die Esszimmer-Deckenleuchte (L3) auf 70 % der maximalen Helligkeit einzustellen und die Deckenleuchte (L2) im Wohnzimmer auszuschalten. Die Stehleuchte (L1) soll aber die Hintergrundbeleuchtung übernehmen. Zusätzlich sollen beim Abendessen die Jalousien geschlossen sein.

Damit hier nicht täglich auf's neue diese vielen Betätigungen erforderlich werden, kann der gewünschte Schaltzustand aller beteiligten Geräte als Lichtszene mit Hilfe eines Wand- oder Handsenders gespeichert und auch wieder aufgerufen werden. Dazu sind lediglich alle beteiligten Verbraucher in den gewünschten Schalt- oder Dimmzustand zu bringen; dann kann diese Lichtszene durch längere Betätigung einer der Lichtszenentasten des Hand- oder Wandsenders gespeichert werden.

Nachdem die Lichtszene abgespeichert wurde, können alle Verbraucher beliebig verstellt werden. Durch einen kurzen Druck auf die Lichtszenentaste des Senders wird die vorher gespeicherte Lichtszene wieder aufgerufen. Da jeder Sender über mehrere Lichtszenentasten verfügt, kann der Anwender je nach Wunsch Lichtszenen für Frühstück, Abendessen, Fernsehen, Party usw. einrichten.

Auch in Verwaltungs- und Zweckbauten haben Lichtszenen ihre Vorteile. In einem Vortrags- oder Schulungsraum kann ein Dozent, der im Verlauf seines Vortrags eine Präsentation oder einige Diapositive zeigen möchte, die Lichtszene „Diavortrag“ aktivieren. Daraufhin wird –entsprechender Programmierung vorausgesetzt – der Projektor eingeschaltet, die Deckenbeleuchtung gedimmt und die Jalousie heruntergefahren. Möchte er wieder die für den mündlichen Vortrag geeignete Beleuchtungssituation erzeugen, ist die Lichtszenentaste „Rednervortrag“ zu drücken. Der Raum wird wieder automatisch erhellt, der Projektor ausgeschaltet und die Jalousie eingefahren.

Lichtszenen können hier außerordentlich nutzbringend eingesetzt werden und ein hohes Maß an Komfort und Professionalität gewährleisten.

5.5.4 Flexible Installationen

Durch geschickte Anwendung des Funk-Systems lassen sich weitere Vorteile erreichen. Beispielsweise ist es sehr ärgerlich, wenn das Umstellen von Möbeln in einer Wohnung nicht möglich ist, weil die Lichtschalter zugestellt würden und nicht mehr erreichbar wären.

Häufig sind in Schlafzimmern die Lichtschalter links und rechts neben dem Bett in der Wand installiert, oder die Deckenleuchte ist über einen Zugschalter, der in der Mitte über dem Bett angebracht ist, zu bedienen.

Mit dem Funk-System können Wandsender in das Kopfende des Betts integriert werden. Da die Wandsender so montiert jede Umstellung des Mobiliars mitmachen, kann das Bett frei aufgestellt werden.

Ähnliche Probleme treten bei sehr breiten Wohn- oder Schlafzimmerschränken auf, die den Lichtschalter an der dahinter liegenden Wand zustellen würden. In solchen Fällen bietet die Montage eines Wandsenders an die Seitenwand des Schranks eine echte Problemlösung, denn der Schrank kann daraufhin an der gewünschten Wand aufgestellt werden, und der Lichtschalter ist trotzdem sehr gut zu bedienen.

Eine weitere sinnvolle Funktion wird mit dem Begriff „Panikschalter“ umschrieben. Der Hausherr kann – z. B. wenn er nachts ein verdächtiges Geräusch wahrnimmt – vom Bett aus sämtliche Beleuchtung im und ums Haus einschalten und hiermit ungebetene Gäste verscheuchen.

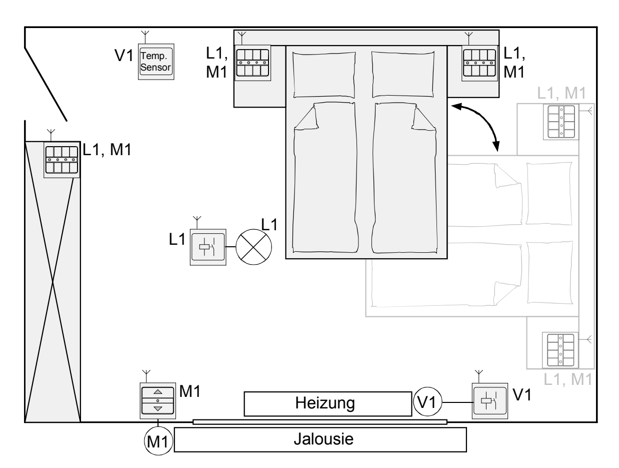


Bild: Flexible Elektroinstallation

Die hier kurz dargestellte Flexibilität der Funk-Gebäudesystemtechnik stellt ein Novum gegenüber der klassischen Elektroinstallation dar – zumal für zusätzliche Bedienstellen keine zusätzlichen Leitungen gelegt werden müssen, sondern sogar eingespart werden können.

5.6 Der Funk-Controller

Zentrale in dezentralem System?

Das Funk-System ist ein dezentrales System, d. h. die „Intelligenz“ ist auf die im Objekt installierten Funk-Komponenten verteilt. So ist ausgeschlossen, dass durch Ausfall eines Zentralgerätes die gesamte Elektrik blockiert ist. Außerdem ist so der Umfang der Installation nicht durch die Kapazität der Zentrale begrenzt.

Trotzdem ist eine Zentrale in vielen Fällen hilfreich, wenn es darum geht, die Funk-Installation zu ergänzen, z. B. um

- von einer Stelle aus alle Verbraucher einzeln zu bedienen,
- Verknüpfungen oder abhängiges Schalten/ Dimmen zu realisieren, die die Funk-Komponenten alleine nicht leisten können.

Folgende Beispiele verdeutlichen dies:

- Die Zentrale sendet ein Einschalttelegramm für die Beleuchtung nur unter folgender Bedingung: Sie hat ein Einschalttelegramm von einem Wandsender erhalten, *und* ein Helligkeitssensor hat gemeldet, dass das Tageslicht einen definierten Helligkeitsgrenzwert unterschritten hat. Mit dieser Verknüpfung lässt sich z. B. in Zweckbauten Energie einsparen, da das künstliche Licht nur dann eingeschaltet werden kann, wenn die Helligkeit des Tageslichts zu gering ist. Das künstliche Licht wird automatisch ausgeschaltet, wenn das natürliche Tageslicht ausreicht.
- Markisen sind windempfindlich. Die Zentrale darf einen Befehl zum Ausfahren der Markise nur dann geben, wenn der Wandsender ein Telegramm zum Ausfahren der Markise gegeben *und* der Windsensor gemeldet hat, dass die Windgeschwindigkeit unter einem definierten Grenzwert liegt. Mit dieser Verknüpfung wird vermieden, dass die Markise versehentlich bei starkem Wind ausgefahren wird, und eine ausgefahrene Markise wird automatisch eingefahren, wenn die Windgeschwindigkeit über einem Maximalwert liegt.
- In der Sicherheitstechnik sind besonders oft Verknüpfungen erforderlich. Beispielsweise darf die Zentrale einen Alarmgeber (Sirene, Blitzlicht) nur unter folgender Bedingung einschalten. Sie hat ein Scharfschalttelegramm von einem Schlüsselschalter erhalten, der im Bereich der Haustür installiert ist. Anschließend meldet ein Fensterkontakt, dass ein Fenster geöffnet wurde, oder ein Funkwächter meldet, dass eine Person anwesend ist, oder der Glasbruchmelder zeigt den Bruch einer Fensterscheibe an. Nur dann darf die Zentrale eine Alarmmeldung herausgeben.

  Eine Zentrale kann also auch die Realisierung von Sicherheitsfunktionen für den Gebäudeschutz unterstützen. Natürlich stellt professionelle Sicherheitstechnik in bezug auf Sabotage- oder Übertragungssicherheit härtere Anforderungen an die Technik, als sie vom Funksystem erfüllt werden können. Doch mit der Verfügbarkeit einer Zentrale kann das Funksystem durchaus wirkungsvolle Aufgaben in diesem Bereich übernehmen.

Funktionsumfang

Der Funk-Controller hört Funk-Telegramme mit, führt Verknüpfungen und Berechnungen durch und sendet die Ergebnisse wieder als Funktelegramm zu den einzelnen Empfängern.

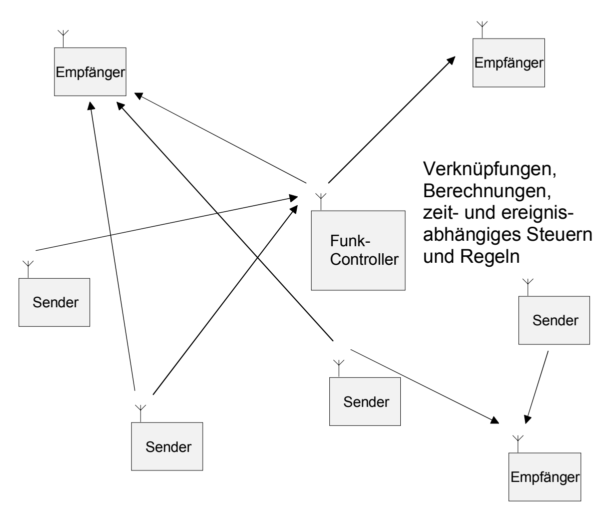


Bild: Aufgaben des Funk-Controllers

Natürlich kann man mit dem Funk-Controller auch ein echtes zentral ausgerichtetes System errichten, in dem sämtliche Informationen und Befehle ausschließlich über dieses Zentralgerät abgewickelt werden. Dieses Vorgehen will allerdings sorgfältig überlegt sein, weil dadurch die genannten Vorteile des dezentralen Systems aufgegeben werden und die Funktionssicherheit herabgesetzt wird.

Mit dem Funk-Controller lassen sich folgende Anwendungsfelder erschließen:

- Lichtszenenfunktion
- Jalousien lassen sich auch in Stellungen außerhalb der Endlage positionieren.
- Zeitsteuerungen für mehrere Verbraucher bzw. Verbrauchergruppen – es müssen nicht eine entsprechende Anzahl von Zeitschaltuhren angeschafft, finanziert, installiert, in Betrieb genommen und programmiert werden.

Mit dem Funk-Controller sind auch zeitgesteuerte Dimmbefehle realisierbar.

- Anwesenheitssimulation – hier sind nicht nur Schalt-, sondern auch Dimm- und Jalousiebefehle möglich. Die hierfür eingerichteten Zeitprogramme können im „Urlaubsbetrieb" 15 Minuten um die eingestellte Zeit schwanken.
- Für Zeitfunktionen enthält der Funk-Controller eine integrierte Uhr, die auf den Funk-Zeitsender DCF77 synchronisiert werden kann.
- Verknüpfungsfunktionen können von zeitabhängig gestaltet werden.
- Der Funk-Controller kann – wenn er mit der hierzu passenden Software ausgerüstet ist – auch für andere Aufgaben (z. B. als Alarmzentrale oder für HLK-Aufgaben) eingerichtet werden. An einen digitalen Eingang kann z. B. ein Schlüsselschalter angeschlossen werden.
- Der Funk-Controller kann über eine eingebaute Schnittstelle Informationen mit anderen Geräten austauschen, z. B. PC, Telefonwählgerät etc.
- Die Kommen/Gehen-Funktion schaltet – wenn man das Haus verlässt – die Beleuchtung aus, und – sobald man wieder nach Hause kommt – wieder ein. Die entsprechenden Zustände der Funk-Aktoren werden gespeichert.
- Kurznachrichten – man kann im Funk-Controller eine schriftliche Mitteilung hinterlegen (z. B. „Komme wieder 17:30").

Raum-orientierte Funktionen

Im Gegensatz zu „normalen" Funk-Sensoren und Aktoren lernt der Funk-Controller bei der Inbetriebnahme nicht nur Funk-Sender, sondern auch die Funk-Empfänger. Um dem Endanwender die Funktion dieses komplexen Gerätes transparent zu machen, werden die Sender und Empfänger in Raumlisten gespeichert.

Der Funk-Controller enthält so – nach erfolgter Inbetriebnahme – ein Modell der Funk-Installation, wobei die Namen der Empfänger funktionsorientiert – „sprechend" – gewählt werden.

	Empfänger	Sender
Wohnzimmer		
	Deckenleuchte	Wandsender
	Licht Essecke	Handsender
	Wandfluter	Thermostat
	Stehleuchte	Fensterkontakt
	Rollladen li.	
	Rollladen re.	
	Heizung	
Küche		
	Deckenleuchte	Wandsender
	Arbeitsfläche 1	Fensterkontakt
	Arbeitsfläche 2	
	Dunstabzug	
	Rollladen	
	Radio	
	Elektrogeräte	
Eingang		
	Deckenleuchte	Wandsender
	Außenleuchte	Handsender Mini
	Flur	
Arbeitszimmer		
	Deckenleuchte	Wandsender
	Schreibtischleuchte	Handsender
	Rollladen	Thermostat
	Heizung	
	Computer	
Bad		
	Deckenleuchte	Wandsender
	Spiegelleuchte	Thermostat
	Rollladen	
	Heizung	
Schlafzimmer		
	Deckenleuchte	Wandsender
	Nachttischleuchte 1	Sender Bett links
	Nachttischleuchte 2	Sender Bett rechts
	Rollladen	
	Heizung	
Kinderzimmer 1		
	Deckenleuchte	Wandsender
	Rollladen	Thermostat
	Heizung	
	Steckdosen	
Kinderzimmer 2		
	Deckenleuchte	Wandsender
	Rollladen	Thermostat
	Heizung	
	Steckdosen	
Keller		
	Deckenleuchte	Wandsender
	Kühltruhe	
	Steckdosen	

Bild: Beispiel für Raumlisten im Funk-Controller

Bedienung von Funk-Empfängern

Bei der Inbetriebnahme werden den einzelnen Empfängern Typen – Dimmer, Schalter, Taster, Jalousie – zugeordnet. Diese Information benutzt der Funk-Controller, um zum Ansprechen der

Empfänger – manuell oder im Automatik-Betrieb – auch die geeigneten Befehle, sogenannte „Aktionen“, anzubieten:

Schalten Einschalten Ausschalten	für Schalter und Dimmer
Dimmen Dimmstufe 0...100%	für Dimmer
Tasten Betätigen	für Tastaktoren
Jalousie Ganz oben Ganz unten Position 0...100%	für Jalousien
Lichtszene Lichtszene 1...5 Alles Ein Alles Aus	für Schalter, Dimmer und Jalousie
Lichtregelung Einschalten Ausschalten	für Schalter und Dimmer, wenn dort ein Funk-Präsenzmelder oder Funk-Lichtsensor eingelernt ist

Bild: Sollwert-Steuerung von Funk-Empfängern

Bedienelemente

Der Funk-Controller wird auf Putz montiert. Vor allem, wenn das Gerät mit einer Software-Erweiterung als Alarmzentrale verwendet wird, sollte der Einbauort nicht von außen einzusehen sein, damit ein Einbrecher sich nicht darauf einstellen kann.

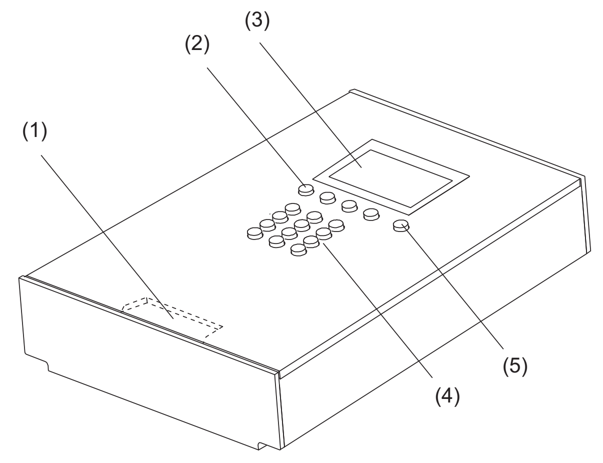


Bild: Funk-Controller

1. Chipkartenleser
2. 4 Funktionstasten
3. Anzeigefenster: 7 Zeilen à 20 Zeichen
4. 12-Tasten-Tastenfeld:
   - Ziffern
   - Buchstaben
5. Master-Taste

Das Hauptbedienelement ist das integrierte Anzeigefenster mit den darunter liegenden Funktionstasten. Die Funktion der Funktionstasten ist abhängig vom jeweiligen Bedienschritt und wird in der Menüzeile des LC-Displays angezeigt. Mit Chipkarten können Einstellungen gesichert und neue Funktionen in den Funk-Controller eingelesen werden.

Die sogenannte „Master-Taste“ kann vom Benutzer mit der Kommen/Gehen- oder der Kurznachricht-Funktion belegt werden. Wenn ein Zeitprogramm mit der Eigenschaft „Anwesenheitssimulation“ gekennzeichnet ist, so wird bei „Gehen“ diese Anwesenheitssimulation gestartet.

Das Display zeigt neben der Menüzeile und den Bedientexten eine Anzahl Statusmeldungen:

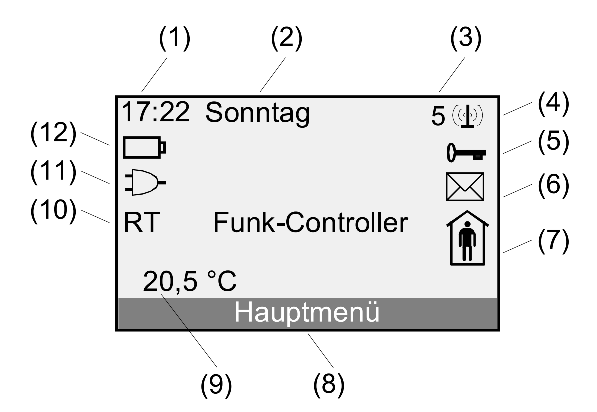


Bild: Funk-Controller – Anzeigefenster

1. Uhrzeit
2. Wochentag
3. DCF77-Feldstärke-Anzeige
4. DCF77-Empfangs-Anzeige
5. Tastatursperre
6. Symbol „Kurznachricht“
7. Symbol „Anwesend / Abwesend“
8. Menüzeile für Funktionstasten
9. Temperatur-Anzeige
10. Sende-/Empfangsanzeige
11. Spannungsversorgung
12. Batterieanzeige

Das Tastenfeld zur unter den Funktionstasten dient zur Eingabe von Texten und Ziffern.



Bild: Funk-Controller – Eingabe-Tastenfeld

Zeitgesteuerte Programme

Der Funk-Controller kann im Automatik-Betrieb die Verbraucher zeitgesteuert ansprechen. Jedes Zeitprogramm kann einzeln aktiviert oder deaktiviert und auch jederzeit wieder geändert oder gelöscht werden.

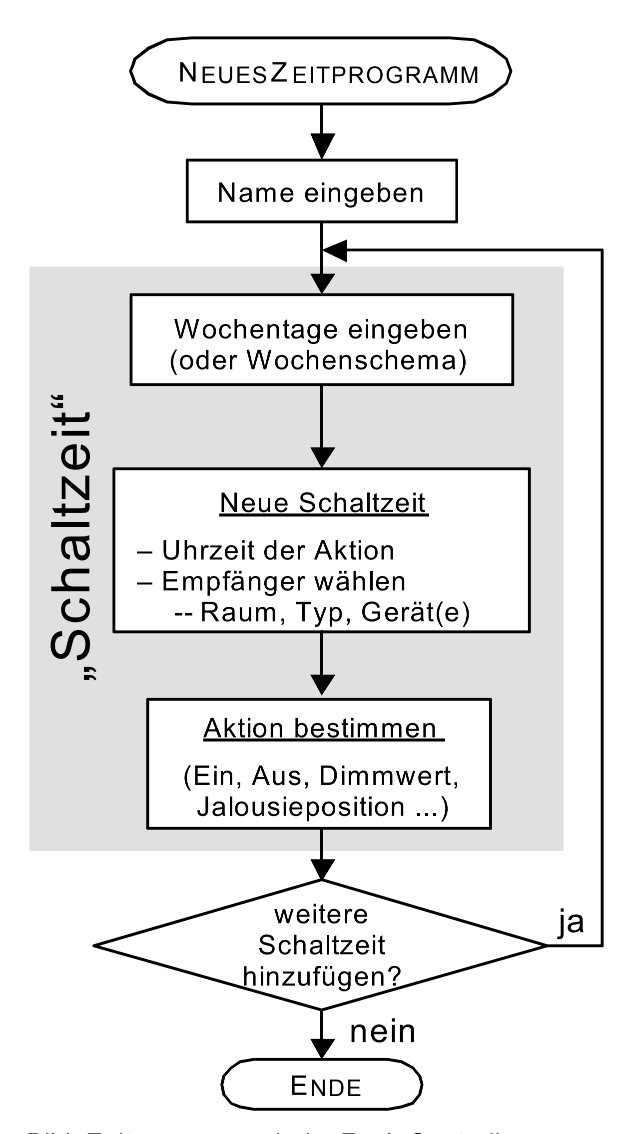


Bild: Zeitprogramme beim Funk-Controller

Bei der Eingabe der Schaltzeiten können vorgegebene oder frei wählbare Wochenschemata verwendet werden. Innerhalb eines Raumes können auch alle gleichartigen Verbraucher (z. B. „alle Dimmer & Schalter") ausgewählt werden.

Verknüpfungen

Beim Erlernen der Funk-Sender wird ebenfalls ein Typ angegeben, damit der Funk-Controller zwischen einkanaligen und mehrkanaligen Sendern unterscheiden kann. Die erlernten Funk-Sender werden für die Erstellung von Verknüpfungen benötigt.

Verknüpfungen dienen dazu, Empfänger in Abhängigkeit einer – oder mehrerer –Bedingungen (Zeit oder weitere Sender) zu steuern.

Beispiel:

Der Schaltaktor im Kinderzimmer soll über den Wandsender nur geschaltet werden können, wenn die Freigabe vom Wandsender Kanal 1 im Flur erfolgt ist. Nach 22:00 Uhr ist das Einschalten nur über einen Funk-Handsender möglich.

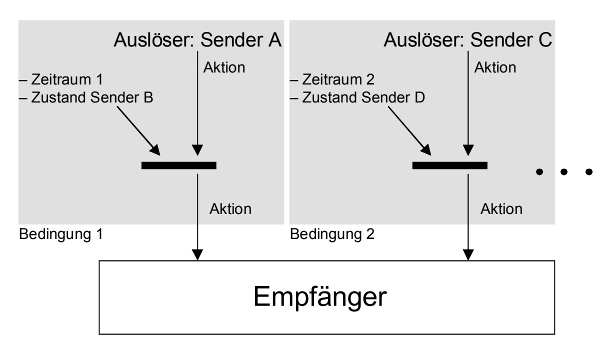


Bild: Verknüpfungen beim Funk-Controller

Der Empfänger wird durch den Funk-Controller bedient, wenn die Bedingung erfüllt ist. Als Voraussetzung kann hierbei ein weiterer Sender, eine Uhrzeit oder beides (Und-verknüpft) angegeben werden. Mehrere Bedingungen sind miteinander Oder-verknüpft, d. h. es muss nur eine der Bedingungen erfüllt sein, damit der Empfänger bedient wird.

Wenn der auslösende Sender ein Funk-Wächter oder ein -Präsenzmelder ist, kann die Aktion, die beim Empfänger ausgelöst wird, frei ausgewählt werden. In allen anderen Fällen wird die Aktion des Auslösers – Kanaltaste oder Lichtszene – direkt weitergeleitet.

Bei der Eingabe einer Verknüpfung können auch – innerhalb eines Raumes – alle gleichartigen Verbraucher angesprochen werden.

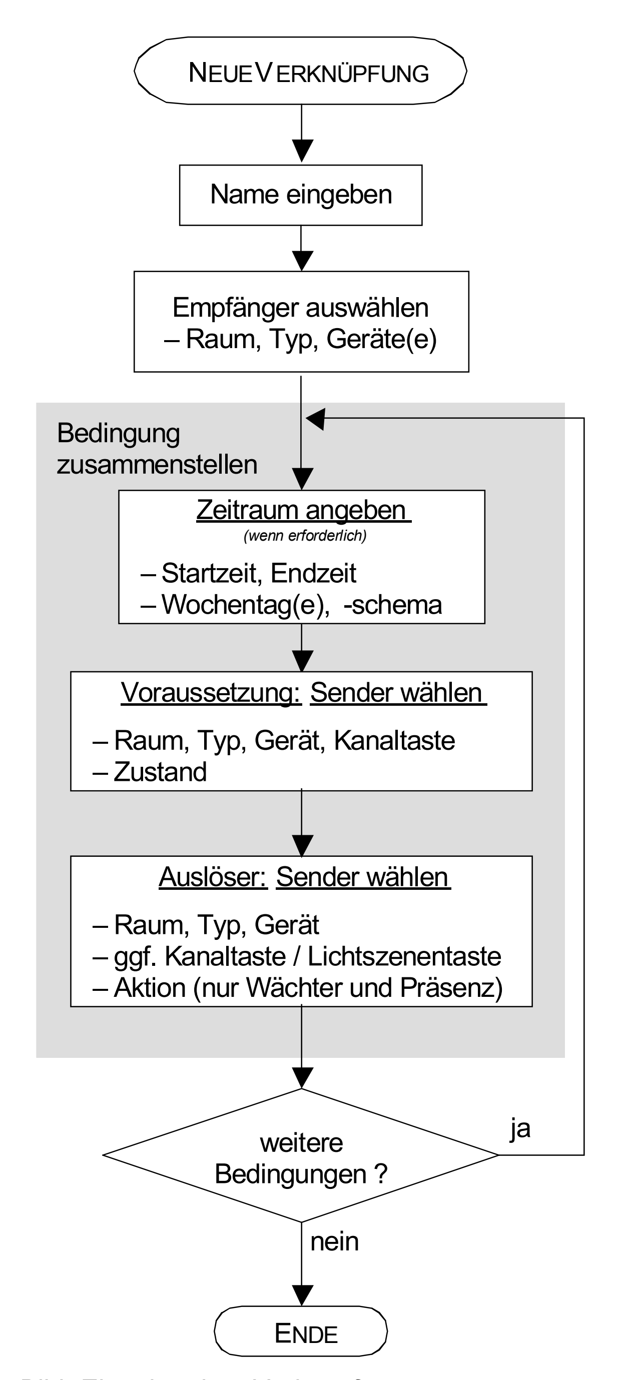


Bild: Eingabe einer Verknüpfung

5.7 Fachbegriffe

AM Abk. von Amplitudenmodulation: Verfahren zur Informationsübertragung, bei dem die Nutzinformation der Amplitude einer als Übertragungsmedium genutzten Trägerschwingung aufgeprägt wird.

Amplitude Maximale Auslenkung einer Schwingung.

AP Abk. von Auf Putz: Gerätebauform, die eine Montage auf beliebigen Flächen, z.B. Wänden, ermöglicht.

ASK Abk. von Amplitude Shift Keying: Verfahren zur digitalen Informationsübertragung, bei dem die Amplitude einer als Übertragungsmedium genutzten Trägerschwingung nach vorgegebenen Regeln entsprechend der Nutzinformation ein- und ausgeschaltet wird.

BAPT Abk. für Bundesamt für Post und Telekommunikation. Ehemaliges Gremium zur Überwachung und Regulierung von Post und Telekommunikation in Deutschland. Die Aufgaben betreffend Funk nimmt heute die RegTP wahr.

CE Abk. von Communauté Européenne (Europäische Gemeinschaft).

CEPT Abk. von Conférence Européenne des Administrations des Postes et Télécommunications: Europäisches Gremium zur europaweiten Regelung aller den Funkverkehr betreffenden Belange.

Dämpfung Als Dämpfung wird die Abnahme der Amplitude bezeichnet, die eine Welle beim Durchdringen von Materie, auch Luft, durch Energieverlust erleidet.

dB Abk. von Dezibel: Logarithmisches Maß, z. B. für die Dämpfung von Strahlungsleistung.

dBm vgl. dBm. Dezibel; logarithmisches Maß zur Angabe von Leistungen, bezogen auf 1 mW. 0 dBm entsprechen 1 mW; eine Steigerung um jeweils 10 dBm bedeutet eine Verzehnfachung der Leistung. 20 dBm sind demnach 100 mW.

Demodulation Durch Demodulation wird die Nutzinformation der im Empfänger ankommenden Funksignale wieder vom Trägersignal getrennt, um sie einer Auswertung zuzuführen.

EIB Abk. von European Installation Bus: Europäischer Installationsbus.

Einlernen Verfahren zur Zuordnung von Funk-Sender und Funk-Empfänger, bei dem der Empfänger lernt, die Signale des Senders weiterzuverarbeiten und die erhaltenen Befehle auszuführen.

EMV Abk. von Elektromagnetische Verträglichkeit: Teilgebiet der Elektrotechnik, das elektromagnetische Störungen aller Art, die ein Produkt aussendet und empfängt und die in der Lage sind, andere elektrische Einrichtungen zu beeinflussen, untersucht und Abhilfe schafft.

ERO Abk. von European Radiocommunications Office: Teil des ECC (Electronic Communications Committee); befasst sich mit der europaweiten Regulierung von Funk-Anlagen.

ERP Abk. von Effective Radiated Power: Die von einer Funkantenne in Form von elektromagnetischen Wellen abgestrahlte elektrische Leistung.

FM Abk. von Frequenzmodulation: Verfahren zur Informationsübertragung, bei dem die Nutzinformation die Frequenz eines als Übertragungsmedium genutzten Trägersignals verändert.

Freifeld Bereich, in dem sich Funkwellen ungehindert ausbreiten können. Das Freifeld ist frei von Hindernissen, die zusätzliche Dämpfung verursachen. Reflexion findet nur am Boden statt.

Frequenz Anzahl der Schwingungen einer Welle pro Sekunde.

Frequenzband Der Frequenzbereich zwischen einer oberen und einer unteren Grenzfrequenz.

FSK Abk. von Frequency Shift Keying: Verfahren zur digitalen Informationsübertragung, bei dem die Frequenz eines als Übertragungsmedium genutzten Trägersignals nach vorgegebenen Regeln entsprechend der Nutzinformation zwischen zwei Werten wechselt.

Funkschatten Bereich, in den Funkwellen nicht eindringen können, weil beispielsweise eine metallische Barriere oder Abschirmung dies verhindert.

Funk-Wächter PIR-Bewegungsmelder mit Funksendermodul.

Halbduplexbetrieb Modus der Informationsübertragung, bei dem ein Teilnehmer sowohl senden als auch empfangen kann, aber nicht gleichzeitig. Ein Telefaxgerät kann z. B. nacheinander Dokumente senden und empfangen, nicht aber gleichzeitig.

instabus Warenzeichen zum Europäischen Installationsbus EIB, das von den Gründungsmitgliedern der EIBA (EIB Association) genutzt wird.

IR Abk. von Infrared Radiation: Infrarotstrahlung = Wärmestrahlung. Mit IR bezeichnet man Strahlung im Wellenlängenbereich von 1000 bis 0,78 mm.

ISM-Band Abk. von Industry, Science, Medical: definiertes Frequenzband, das für industrielle, wissenschaftliche und medizinische Anwendungen freigegeben ist und – bei 433 MHz – nur Sendeleistungen bis 10 mW zulässt.

Lichtgeschwindigkeit Ausbreitungsgeschwindigkeit von elektromagnetischen Wellen. Im Vakuum beträgt sie 300.000 km/s; in anderen Medien hängt die Lichtgeschwindigkeit von der Frequenz der Strahlung ab.

Lichtszene Speicherbarer und wieder aufrufbarer Schaltzustand einer Gruppe von Schaltern und Dimmern, beispielsweise zur Erzeugung einer definierten Lichtsituation unter Beteiligung von mehreren Leuchten.

LPD Abk. von Low Power Device: Funksender mit niedriger Sendeleistung.

Medienkoppler Gerät zur Verbindung von zwei artfremden Übertragungssystemen. Ein Medienkoppler nimmt Informationen aus dem einen System auf und übersetzt sie in eine Sprache, die im anderen System verstanden wird.

Mikrocontroller Kleiner Computer, der in Form eines elektronischen Bauteils in elektrische Geräte integriert ist. Ein Mikrocontroller steuert alle Gerätefunktionen entsprechend dem in ihm abgelegten Programm.

Modulation Die Modulation wird in der Nachrichtentechnik zur Übertragung von Nutzinformationen auf Trägersignalen genutzt. Dies geschieht z.B. über eine Multiplikation von Nutz- und Trägersignal.

PIR Abk. von Passive Infrared Radiation: Von Personen, Tieren oder Gegenständen ausgehende Wärmestrahlung.

Polarisation Eine künstlich erzeugte elektromagnetische Funkwelle ist linear polarisiert, d. h., die elektrische und magnetische Feldstärke schwingen senkrecht zueinander und senkrecht zur Ausbreitungsrichtung der Welle. Durch Verdrehen der Antenne kann das elektrische Feld einer Funkwelle horizontal, vertikal oder auch in beliebigen Ausrichtungen zwischen diesen beiden Extremen schwingen.

REG Abk. von Reiheneinbaugehäuse: Gerätebauform, die eine Montage im Verteilerschrank auf einer Hutschiene ermöglicht.

RegTP Abk. für Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post. Ging 1996 aus dem Bundesministerium für Post und Telekommunikation (BMPT) und dem Bundesamt für Post und Telekommunikation (BAPT) hervor.

Repeater Gerät, das Nachrichten empfängt und mit verstärkter Amplitude erneut aussendet. Ein Repeater eignet sich zur Überwindung problematischer Übertragungsstrecken.

Simplexbetrieb Modus der Informationsübertragung, bei dem ein Teilnehmer entweder nur senden oder nur empfangen kann. Ein Fernsehgerät kann z. B. empfangen, aber nicht senden.

TDMA Abk. für Time Division Multiple Access. Verfahren, bei dem abwechselnd empfangen und gesendet wird.

Trägersignal Hochfrequentes Signal, das ein wesentlich niedrigerfrequentes Informationssignal aufnimmt und transportiert.

Transceiver Synthetischer Begriff, zusammengesetzt aus Transmitter und Receiver. Ein Transceiver kann sowohl senden als auch empfangen.

UP Abk. von Unter Putz: Gerätebauform, die eine Montage in einer Unterputzschalterdose mit einem Durchmesser von 60 mm ermöglicht.

VDE Abk. von Verein Deutscher Elektrotechniker.

Wellenlänge Die Wellenlänge gibt die räumliche Ausdehnung einer vollständigen Schwingung einer Welle an. Zur Messung der Wellenlänge kann z. B der Abstand zweier benachbarter Schwingungsmaxima, d. h. der Wellenberge, herangezogen werden. Die Wellenlänge errechnet sich als Quotient von Ausbreitungsgeschwindigkeit und Frequenz.

5.8 Literatur

Siebel, Bernd; e.a.: Funk-Gebäudesystem-technik: Schalten, Steuern, Regeln und Überwachen per Funk. Landsberg/Lech. Verlag Moderne Industrie, 1999.

Lobensommer, Hans: Handbuch der modernen Funktechnik: Prinzipien, Technik, Systeme und praktische Anwendungen. Poing. Franzis, 1996.

Starke, Lothar: Grundlagen der Funk- und Kommunikationstechnik. Heidelberg. Hüthig, 1995.

Hübscher, Heinrich (Hrsg.): Kommunikations-elektronik II: Radiotechnik, Fernsehtechnik, Funktechnik. Braunschweig. Westermann, 1996. (Elektrotechnik Fachbildung).

Pehl, Erich: Mikrowellen in der Anwendung: Funk, Radar, Erwärmung. Heidelberg. Hüthig, 1993.

Meinke, Hans H.; Gundlach, Friedrich-Wilhelm: Taschenbuch der Hochfrequenztechnik, in 3 Bdn. Hrsg. v. Klaus Lange und Karl Heinz Löcherer. 5., überarbeitete Auflage. Berlin/Heidelberg. Springer, 1992.

6 ELEKTRONISCHE TRAFOS FÜR NV-LAMPEN

In der modernen Lichtarchitektur sind Leuchten mit NV-Halogenlampen heute nicht mehr wegzudenken. Diese Lampen benötigen eine 12-V-Betriebsspannung (manche auch 24 V) und werden für elektrische Leistungen von 5 W bis 100 W angeboten.

Die 230-V-Netzspannung muss also auf 12 V umgesetzt werden; hierzu werden Transformatoren verwendet, die für Leistungen zwischen 50 W und 500 W (gestuft) ausgelegt sind. Herkömmliche 50-Hz-Eisenkern-Trafos sind immer noch die Standard-Lösung und für Leitungslängen größer als 2 m unverzichtbar.

Im Leistungsbereich bis ca. 200 W bieten elektronische Trafos einige Vorteile:

- geräuscharme Arbeitsweise;
- elektronischer Kurzschlussschutz, d.h. nie wieder Sicherungswechsel;
- nach Beseitigen des Kurzschlusses automatischer Wiederanlauf;
- Überlastschutz, selbständige Leistungsreduzierung;
- Softstart, lampenschonendes Einschalten;
- Übertemperatursicherheit, automatische Leistungsreduzierung;
- Leerlaufsicherheit;
- hoher Wirkungsgrad;
- günstiges Gewicht und kompakte Bauform;
- reparierbar;
- geräuscharmes Dimmen von bis zu 7,7 kW Last über eine Taste.

6.1 Prinzip

Die Entwicklung möglichst leichter und kompakter Trafos war durch die Erkenntnis erreichbar, dass das benötigte Volumen (V) eines gewickelten Trafos umgekehrt proportional zur Frequenz (f) der umzusetzenden Spannung ist:

$$V \sim 1/f$$

Eine hochfrequente Spannung lässt sich demzufolge – bei sonst gleichen Bedingungen – mit kleinerem Trafo umsetzen.

Dazu muss die 50-Hz-Netzspannung zunächst in eine Wechselspannung mit hoher Frequenz gewandelt werden. Zur Unterscheidung zu herkömmlichen 50 Hz-Trafos/Netzteilen spricht man von elektronischen Trafos/Schaltnetzteilen (SNT) oder kurz „TRONIC-Trafos“.

NV-Halogenlampen sind wahlweise mit Gleich- oder Wechselspannung betreibbar. TRONIC-Trafos liefern eine Ausgangs-Wechselspannung mit einem Effektivwert von U = 11,7 V. Die Frequenz beträgt ca. 40 kHz.

Die 50 Hz-Netzspannung wird gleichgerichtet. Anschließend „zerhackt“ ein Gleichspannungswandler diese Spannung mit hoher Frequenz, ca. 40 kHz. Dies geschieht mit elektronischen Schaltern, die die Gleichspannungszuführung zur Last rhythmisch unterbrechen. Man wählt EIN-Zeit gleich AUS-Zeit; das Tastverhältnis ist damit 1:1. Hinter dem Wandler steht eine hochfrequente Rechteckspannung zur Verfügung, die durch einen Übertrager auf den geforderten Wert gebracht wird.

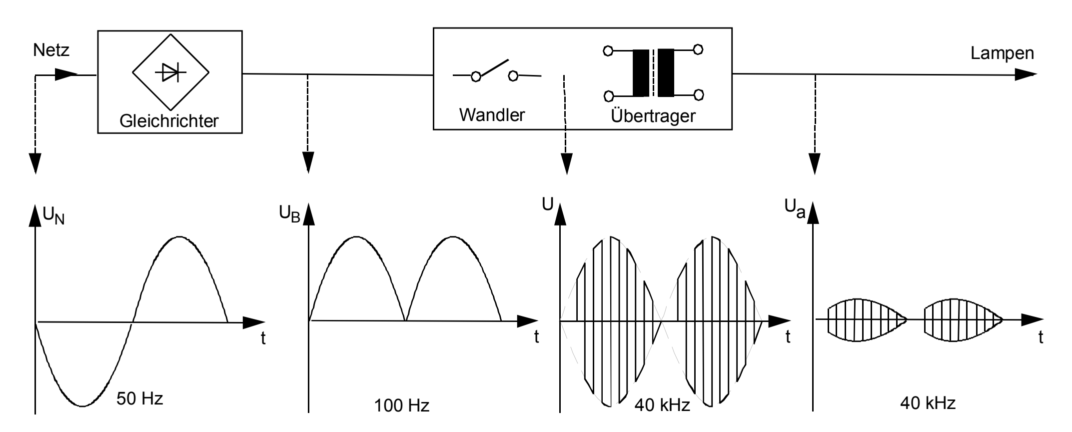


Bild: Prinzip elektronischer Trafos

6.2 Funktion der TRONIC-Trafos

Das Blockschaltbild zeigt die folgenden Funktionsblöcke:

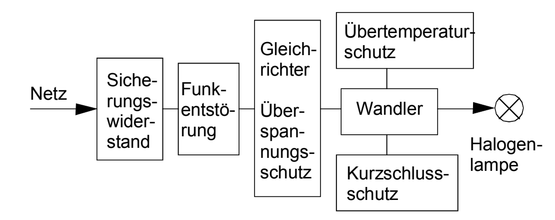


Bild: TRONIC-Trafo, Blockschaltbild

Sicherungswiderstand

Der Sicherungswiderstand schützt die Installationsanlage bei Fehlern, die innerhalb des Trafos auftreten. Steigt der Primärstrom aufgrund eines Bauelementefehlers auf einen unzulässigen Wert, trennt er den Trafo vom Netz. Kurzschlüsse oder Überlastungen im Lampenstromkreis werden durch den Kurzschlussschutz ausgeregelt.

Funkentstörung

Die Funkentstörung besteht aus einem L-C-Netzwerk und dient der Unterdrückung von Störspannungen. Sie hält die Anteile der Schaltfrequenz und ihre Oberwellen auf der Trafo-Betriebsspannung vom Netz fern.

Gleichrichter

Ein Brückengleichrichter wandelt die Netzspannung in eine pulsierende Gleichspannung um.

Überspannungsschutz

Ein über dem Gleichrichter angeordneter Varistor (spannungsabhängiger Widerstand) schützt die Schaltung vor Netzspannungsspitzen.

Wandler

Durch den Wandler wird die pulsierende Gleichspannung in eine hochfrequente Rechteckspannung umgewandelt und auf 12 V transformiert.

Der Wandler ist als „Halbbrücken-Durchfluss-Wandler“ ausgeführt. Die Bezeichung „Halbbrücke“ bezieht sich auf die Anordnung der elektronischen Schalter (Transistoren T1/T2). Die zweite Halbbrücke bilden die beiden Kondensatoren $C_{S1/2}$. Ersetzt man diese Kondensatoren durch Transistoren, so erhält man eine Vollbrücke. – Die Bezeichnung „Durchfluss“ bezieht sich auf die Energieabgabe an die Last während der Leitendphase der Transistoren. Im Gegensatz dazu erfolgt beim „Sperrwandler“ die Energieabgabe während der Nichtleitendphase der Schalter. Dabei muss die Energie in einer Induktivität zwischengespeichert werden.

Der Wandler ist eine selbstschwingende Schaltung, die eine hochfrequente (HF) Rechteckspannung abgibt. Die Schaltfrequenz liegt bei 40 kHz und so weit über der Hörschwelle (16 kHz). Der Übertrager Tr transformiert die Spannung auf den benötigten Wert. Gleichzeitig sorgt er für die galvanische Trennung zwischen Primär- und Sekundärseite (Prüfspannung: 4240 V Spitzenwert) und damit für Berührungssicherheit.

Über den Widerstand R lädt sich der Kondensator C bis zum Einschaltwert des Diac Di auf. Dann zündet der Diac; dieser schaltet den Transistor T2 ein, sodass der Strom über C_{S2} und T2 fließen kann. Im nächsten Schritt wird T2 durch die Koppelinduktivitäten L_K gesperrt und T1 eingeschaltet; der Strom fließt nun über T1 und C_{S1}. Bis zum Ende der Halbwelle werden T1 und T2 nun wechselweise eingeschaltet; bezogen auf den Trafo Tr ändert der Strom also stets seine Richtung und wird umgepolt. Während der Leitendphase von T2 kann sich der Kondensator C über die Diode D und T2 entladen, und bei der nächsten Halbwelle wiederholt sich der Vorgang.

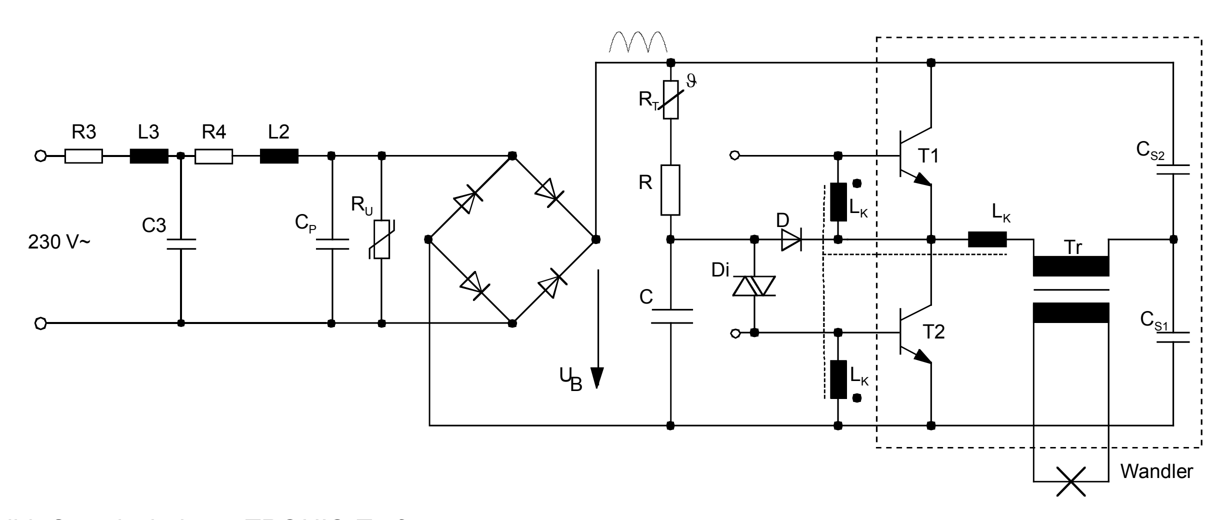


Bild: Grundschaltung TRONIC-Trafo

Die Zeitkonstante T = R x C bestimmt den Zündzeitpunkt des Diac t_z und damit letztlich die Lampenhelligkeit. Gestaltet man R als veränderbaren Widerstand (Potentiometer), ist ein Dimmen möglich.

Kurzschlussschutz

Bei Kurzschluss des Lampenkreises sorgt eine elektronische Sicherungsschaltung für den Schutz des Trafos und des vorliegenden Netzes und schaltet den Ausgang innerhalb weniger Millisekunden ab. Eine Schmelzsicherung ist daher nicht nötig.

Die Zusatzschaltung verhindert ein Aufladen des Kondensators C. Der Diac zündet nicht, und der Wandler kann nicht anschwingen. Der Kurzschlussstrom fließt nur kurzzeitig; damit wird eine Gefährdung der Bauteile ausgeschlossen. Nach Beseitigen des Kurzschlusses erfolgt ein automatischer Wiederanlauf der Schaltung.

Übertemperaturschutz

Übertemperaturen treten bei Überschreiten der zulässigen Umgebungstemperatur oder als Folge einer Überlast auf. TRONIC-Trafos besitzen einen Übertemperaturschutz. Die im Trafo herrschende Temperatur steuert eine Regelschaltung so, dass ab einer bestimmten Grenze die abgegebene Leistung automatisch reduziert wird. Diese Leistungsrückregelung führt zur Einpegelung eines Wärmeniveaus im TRONIC-Trafo und vermeidet so einen Defekt des Gerätes durch Übertemperatur. Da in diesem Zustand jedoch die angeschlossenen NV-Halogenlampen nur eine reduzierte Lichtstärke abgeben, sollte bei Bemerken eines automatischen Absinkens der Lampenhelligkeit für eine niedrigere Umgebungstemperatur oder für eine geringere Lampenlast gesorgt werden.

In der praktischen Ausführung ist R aufgeteilt, wobei ein Teilwiderstand als temperaturabhängiger Widerstand (PTC = Widerstand mit positivem Temperaturkoeffizienten) ausgebildet ist und für die Übertemperaturregelung sorgt. Bei Temperaturerhöhungen als Folge einer Überlast oder bei unzulässigen Umgebungstemperaturen erhöht sich der Wert von R und damit die Zeitkonstante. Die Zeit tz verlängert sich, der Wandler wird später eingeschaltet und die Ausgangsspannung wird verringert. So werden die Temperaturwerte im Trafo stabilisiert und einer Überhitzung entgegengewirkt. Das Verhalten entspricht einer Proportionalregelung.

6.3 Ausgangsspannung

An der Lampe liegt eine hochfrequente Spannung (40 kHz):

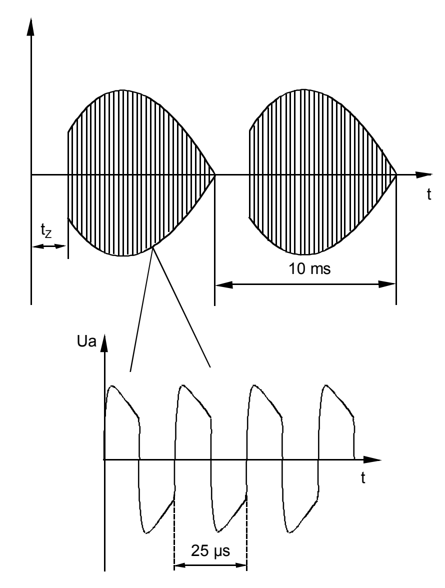


Bild: TRONIC-Trafo-Ausgangsspannung

Die Höhe des Effektivwertes ist für die Kenndaten der Lampe maßgebend. Üblicherweise wählt man den Wert zwischen 11,5 V und 12,0 V bei Vollast des Trafos und Nenn-Netzspannung. Es verringert sich zwar die Lichtausbeute, aber die Lampenlebensdauer verlängert sich, z. B. bei 11,5 V auf ca. 170 %. Die TRONIC-Trafos liefern eine Ausgangsspannung von 11,7 V. Diese Spannung folgt den Netzspannungsschwankungen proportional.

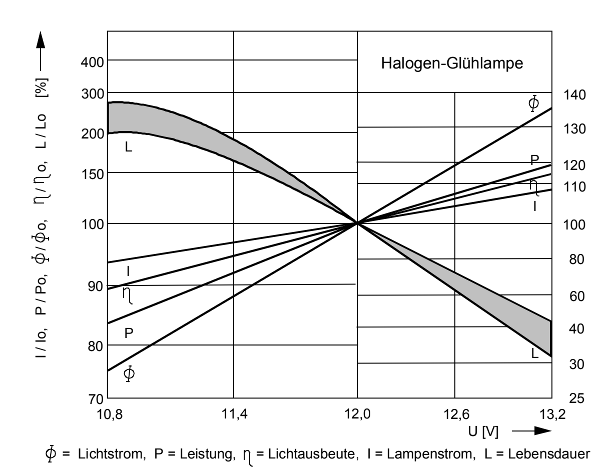


Bild: Spannungsabhängigkeit der Lampendaten

Lastschwankungen haben eine geringere Auswirkung. Bei Reduktion der Last um 50 % erhöht sich die Ausgangsspannung um ca. 3 %. Diese Einflüsse führen zur Festlegung einer Mindest-

last. Damit wird die Nennspannung der Lampe nicht überschritten, die Lampe „lebt“ länger.

Ein weiteres Kriterium für die Mindestlast ist die geforderte Leerlaufsicherheit der Trafos. Bei Unterschreiten der Mindestlast kommt es zu Flackererscheinungen.

6.4 Sekundärleitung

Oberwellen (ganzzahlige Vielfache der Schaltfrequenz) können als elektromagnetische Wellen abgestrahlt werden. Daher darf zur Gewährleistung der Funkentstörung die Leitungslänge zu den Lampen 2 m nicht übersteigen. Das ist vom VDE bei Erteilung des Funkschutzzeichens im Interesse der Anwender vorgeschrieben. Die richtige Leitungsführung ist im Bild gezeigt.

Bei Anschluss mehrerer Lampen sollten die Sekundärleitungen möglichst weit entfernt von der Netzleitung liegen.

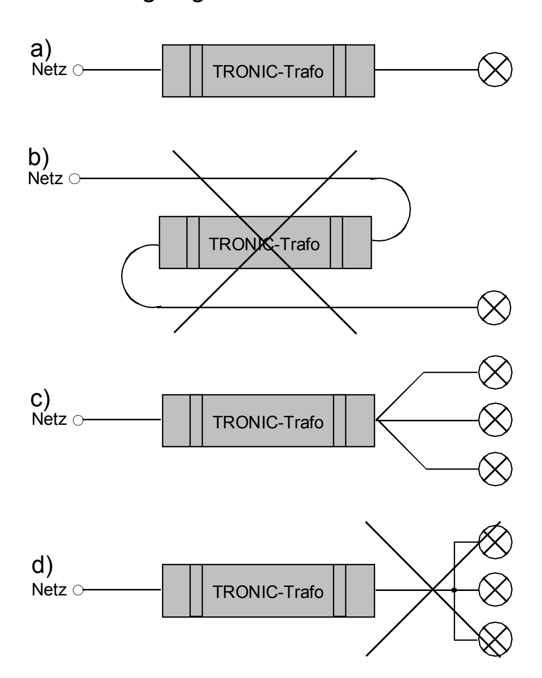


Bild: Leitungsführung für TRONIC-Trafos

Bei der Wahl der Sekundärleitung ist der Strom und der zugelassene Spannungsfall (Helligkeitsverlust) zu berücksichtigen. Da elektronische Trafos mit einer Frequenz von ca. 40 kHz arbeiten, hängt der Widerstand und damit auch der Spannungsfall auf der Sekundärleitung nicht nur von Leitungslänge, -querschnitt und Leitfähigkeit des Leitungsmaterials, sondern auch von der Art der Verlegung (z. B. 2-adrige Leitung, Einzelleitung verdrillt, Einzelleitung im Ring usw.) ab.

Zusätzlich fließt der Strom bei dieser Frequenz nicht mehr gleichmäßig über den ganzen Leiterquerschnitt verteilt, sondern verschiebt sich vom Leitungskern zur Leitungsoberfläche (Skineffekt).

Diese Sachverhalte berücksichtigen folgende

Hinweise zur Wahl der Sekundärleitung:

- Die vom VDE vorgeschriebene Leitungslänge von max. 2 m nicht überschreiten.
- Den an die Lampenleistung angepassten Leiterquerschnitt bitte folgender Tabelle entnehmen:

Lampenleistung pro Leitung	Leitungs-querschnitt
≤ 60 W	≥ 1.0 mm²
65 - 105 W	≥ 1.5 mm²
110 - 150 W	≥ 2.5 mm²

  Bei einer Lampenleistung von mehr als 150 W pro Trafo ist die Leistung entsprechend der Tabelle auf mehrere Leitungen aufzuteilen. Bei Trafos mit mehreren Ausgangsklemmen sollten diese auch genutzt werden.
- Eine 2-adrige Leitung führt im Vergleich zu Einzelhin- und Rückleitung zu weniger Spannungsfall. Wird trotzdem eine Einzelleitung verwendet, sollten Hin- und Rückleitung miteinander verdrillt werden, um die Eigeninduktivität der Sekundärleitung und somit den Spannungsfall zu minimieren.
- Durch Aufteilung der Leitungen schon am Trafo statt erst an den Lampen kann (bei gleichem Leitungstyp) der Spannungsfall auf der Leitung weiter reduziert werden. Zur optimalen Verteilung der Leitungen am Trafo steht ein 6-fach-Verteiler zur Verfügung.

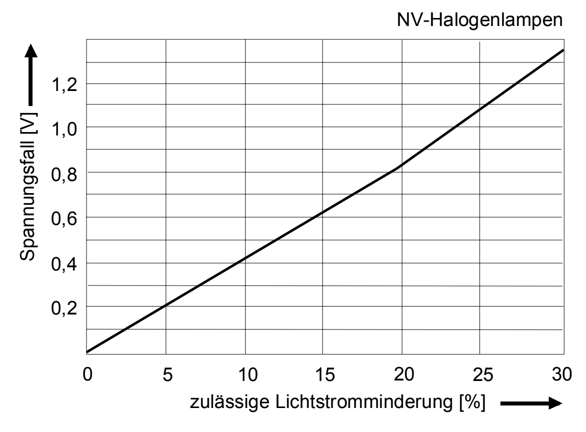


Bild: Lichtstromminderung von Lampen

6.5 Einschaltverhalten

Im kalten Zustand sind Lampen sehr niederohmig. Beim Einschalten mit voller Spannung fließt eine gewisse Zeit ein stark erhöhter Strom. Bei Standard-Glühlampen erreicht der Einschaltstrom Werte bis zum 10-fachen des Nennstromes. Die Einschaltzeit wird bis zu 40 ms angegeben. Halogenlampen haben ebenfalls Einschaltströme bis zum 10-fachen des Nennstromes, jedoch Einschaltzeiten bis zu 300 ms.

Vergleicht man die Effektivströme beim Einschalten von NV-Halogenlampen mit vorgeschaltetem 50-Hz-Trafo sowie mit TRONIC-Trafo, so ist zu erkennen, dass die NV-Halogenlampe bei Betrieb mit 50 Hz-Trafo einer wesentlich höheren Strombelastung ausgesetzt ist, als es bei Einsatz von TRONIC-Trafos der Fall ist.

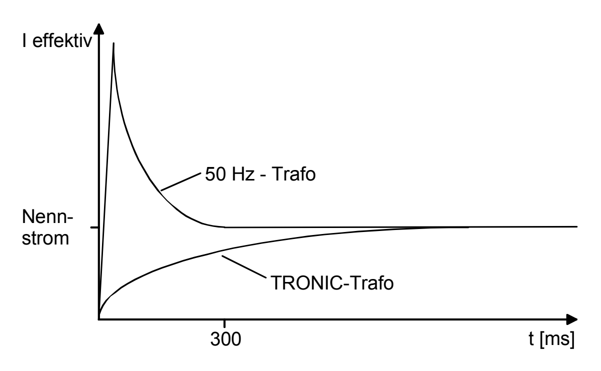


Bild: Einschaltverhalten von Trafos

Diesen lampenschonenden Anlauf erreicht der TRONIC-Trafo durch verzögertes Einschalten des Wandlers. Dieses Einschaltverhalten, auch als „Softstart“ bezeichnet, gewährleistet eine lange Lebensdauer der angeschlossenen Halogenlampen.

Die Verzögerungszeit, die der Softstart in den Lampenanlauf hineinbringt, ist von der Auslastung des Trafos, dem verwendeten Lampentyp, der vorliegenden Netzcharakteristik sowie vom Einsatz eines TRONIC-Dimmers abhängig, und kann max. 2 s betragen. Bei Standard-Installationen ist sie kaum zu bemerken.

6.6 Zusammenschaltung

Die Trafos dürfen nur primärseitig parallel geschaltet werden (z. B. für Anschluss an einen Dimmer. Eine Reihenschaltung ist nicht sinnvoll. Sekundärseitig ist weder Parallel- noch Reihenbetrieb zulässig!

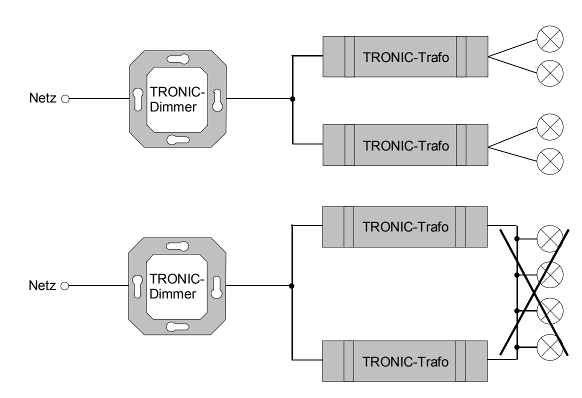


Bild: Zusammenschaltung von TRONIC-Trafos

6.7 Montage

TRONIC-Trafos arbeiten geräuscharm. Trotzdem sollten sie auf einer nichtschwingenden Unterlage montiert sein, damit keine Resonanzen auftreten.

Trafos, die das MM-Zeichen besitzen, dürfen auch in Holzmöbel eingebaut werden, da diese Geräte auch im Fehlerfall nur Temperaturen entwickeln, die **nicht** zu Brandgefahr führen. An den Montageuntergrund werden darum keine besonderen Anforderungen in bezug auf Brandschutz gestellt. Zur sicheren Einhaltung dieser Eigenschaft werden jedoch Mindestanforderungen an die Größe des Einbauraums gestellt. Die einzuhaltenden Mindestabstände zwischen Trafo und Umgebung sind der Trafo-Bedienungsanleitung als Zeichnung zu entnehmen:

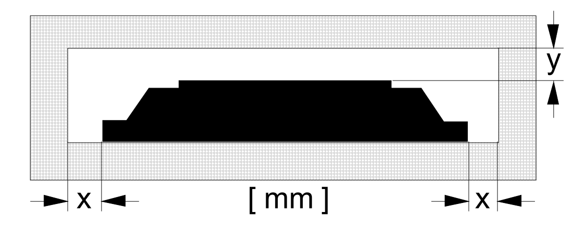


Bild: Mindestabstände beim Trafo-Einbau

Soll überprüft werden, ob die Einbaubedingungen den Trafo thermisch überfordern, ist die im Dauerbetrieb (2-3 h) entstehende Temperatur zu messen. Als Messpunkt wird dabei nicht die Trafo-Umgebung, sondern der heißeste Punkt auf dem Trafogehäuse herangezogen. Dieser ist mit einem schwarzen runden Punkt als Tc-Punkt (Tc = **T**emperature **C**ase) mit zugehöriger maximal zulässiger Temperatur gekennzeichnet. Bleibt die Temperatur des Tc-Punktes auch im Dauerbetrieb unterhalb des angegebenen Grenzwertes, wird der Trafo spezifikationsgemäß betrieben.

Eine Bewertung der Umgebungstemperatur ist in diesem Fall nicht mehr erforderlich.

6.8 Dimmerbetrieb

Zur Helligkeitseinstellung kann man TRONIC-Trafos primärseitig Dimmer vorschalten, die im Phasenabschnitt arbeiten. Dies kann ein TRONIC-Dimmer sein, der stets nach diesem Verfahren dimmt, oder ein Universaldimmer, der sich nach dem Einschalten auf seine Last einmisst und sich bei TRONIC-Trafos für das Phasenabschnitt-Prinzip entscheidet. – Weitere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel „Dimmer“.

Ein Universal- oder TRONIC-Dimmer kann mehrere Trafos steuern. Dabei darf die Summe der Trafoleistungen die zulässige Dimmerleistung nicht übersteigen.

TRONIC-Trafos dürfen nicht mit Phasenanschnitt Dimmern betrieben werden. Die Kapazitäten im TRONIC-Trafo stellen für die steilen Schaltflanken einen – wenn auch kurzzeitigen – Kurzschluss dar und erzeugen entsprechende Stromdichten. Für den Benutzer macht sich dies meistens mit Brummgeräuschen und Lichtflackern bemerkbar.

Grundsätzlich sind für TRONIC-Trafos ausschließlich TRONIC-Dimmer oder – ausdrücklich hierfür geeignete – Universaldimmer zu verwenden.

6.9 Phasenanschnitt-dimmbare TRONIC-Trafos

Nicht immer und überall sind Phasenabschnitt-Dimmer – bzw. Universal-Dimmer – verfügbar, wenn elektronische Trafos gedimmt werden sollen.

Deshalb wurden einige wenige TRONIC-Trafo-Typen so modifiziert, dass sie auch im Phasenanschnitt gedimmt werden können, um so eine Lösung ohne TRONIC- oder Universaldimmer anbieten zu können. Ein TRONIC-Trafo dieser Bauart ist der SNTI 105/SR.

Diese elektronischen Trafos unterscheiden sich von den „normalen“ Geräten durch die Art des Eingangsfilters, welches für ein induktives Verhalten sorgt. Damit außerdem der Diac möglichst unmittelbar nach der Schaltflanke durchsteuert, muss er eine „Zündbeschleunigung“ erhalten. Diese kann z. B. dadurch realisiert werden, dass parallel zum Widerstand R (vgl. Grundschaltung) ein Kondensator geschaltet wird.

Mögliche Nachteile dieser Version von TRONIC-Trafos liegen darin, dass sie im gedimmten Zustand eventuell nicht mehr geräuschlos arbeiten, sondern ein leichtes Brummen abgeben können. In instabilen 230-V-Netzen kann die Beleuchtung in bestimmten Dimmstellungen flackern.

Generell gilt die Maxime:

Phasenanschnitt-Dimmer dürfen nur mit solchen TRONIC-Trafos verwendet werden, für die dies ausdrücklich zugelassen ist!

Phasenanschnitt-dimmbare Trafos sind dimmbar:

- mit NV-Dimmern im Phasenanschnitt (keine Glühlampen-Dimmer!);
- mit TRONIC-Dimmern im Phasenabschnitt;
- mit Universaldimmern. Diese messen sich bei Verwendung dieses Trafo-Typs in der Regel auf Phasenabschnitt ein.

Mischbetrieb zwischen Phasenanschnitt-dimmbaren und „normalen“ TRONIC-Trafos ist möglich mit TRONIC-Dimmern oder Universaldimmern.

Mischbetrieb mit gewickelten Trafos ist weder mit Phasenanschnitt-Dimmern noch mit Universaldimmern erlaubt. Einerseits kann sich der Universaldimmer falsch einmessen; andererseits kann die steile Flanke beim Phasenanschnitt zu Schwingungen zwischen konventionellem und TRONIC-Trafos führen, die einen sicheren Betrieb nicht mehr gewährleisten. Aufgrund der Vielzahl konventioneller Trafos, welche sich alle in ihrer Charakteristik unterscheiden, ist hier keine positive(re) Aussage möglich.

7 ÜBERSPANNUNGSSCHUTZ IN ELEKTROANLAGEN

Überspannungen im Netz sind ein Thema, das häufig unterschätzt und meist nur unzureichend bekannt ist. Bevor im weiteren Verlauf auf Geräte für den sogenannten Feinschutz detailliert eingegangen wird, soll zuerst die Komplexität dieses Themas ein wenig verdeutlicht werden. Aus diesem Grund wird in den nachfolgenden Kapiteln erläutert, welche Quellen Überspannungen haben und welche Problematik sich dadurch ergibt.

7.1 Allgemeines

Zunehmend ist auch der private Bereich durch den immer stärkeren Einsatz von elektronischen Geräten, genau wie Handel, Handwerk und Industrie, von Schäden betroffen, die durch Überspannungen im Netz hervorgerufen werden. Diese Überspannungen werden häufig durch direkte und indirekte Blitzschlageinwirkung, elektrostatische Entladungen sowie durch Schaltvorgänge nichtohmscher Verbraucher hervorgerufen.

7.1.1 Überspannungen durch Blitzeinwirkung

Gerade Gewitterentladungen haben in den letzten Jahren gezeigt, dass elektronische Anlagen und Geräte, bis 1,5 km vom Einschlagort des Blitzes entfernt, sowohl durch die über das Versorgungs- und Informationsnetz in Form von Wanderwellen gelangenden Überspannungen als auch durch Induktionsspannungen gefährdet sind.

Während Geräteausfälle durch Überspannungen im privaten Bereich meist nur als ärgerlich oder kostspielig empfunden werden, können derartige Schäden im industriellen Bereich äußerst schwerwiegende Folgen haben. Ein kompletter Datenverlust oder ein Totalausfall der EDV kann durchaus über die wirtschaftliche Existenz des betroffenen Betriebes entscheiden.

Durch den Einsatz moderner Technik ist es jedoch weitgehend möglich, einen wirksamen Schutz vor Überspannungen aller Art aufzubauen. Dazu ist ein sogenannter „äußerer Blitzschutz“ notwendig, der bei einem Blitzschlag grobe Schäden durch Brand oder mechanische Zerstörung am und im Gebäude verhindert.

Der innere „Blitzschutz“ erweitert den Schutz gegen Überspannungsschäden durch die Reduzierung der Störgrößen auf ein für die Anlage verträgliches Maß. Dazu gehören im wesentlichen Maßnahmen wie z. B. der konsequente Potentialausgleich und die Gebäude- und Raumschirmung, bei denen alle Teile der Installation mit einer Potentialausgleichsschiene verbunden werden. Alle Leitungen, also versorgungs- und informationstechnische Leitungen genauso wie metallische Rohrleitungen, werden indirekt über Blitzstromableiter mit einbezogen.

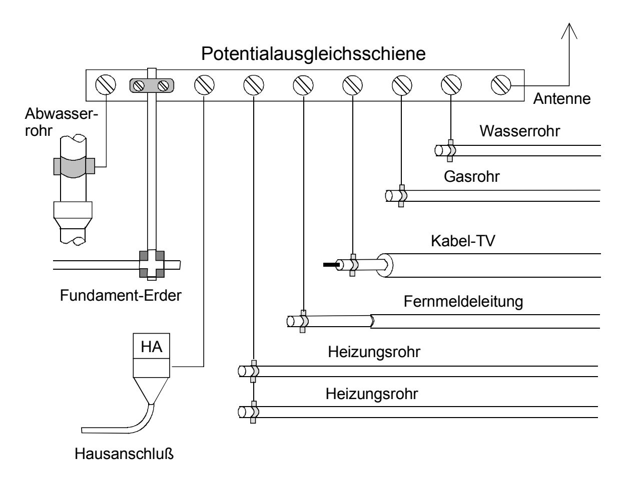


Bild: konsequenter Potentialausgleich

Entsprechend ihrer Aufgabe werden Schutzgeräte für die Energietechnik und Informationstechnik in Blitzstromableiter und Überspannungsableiter unterteilt. Dabei muss ein Blitzstromableiter in der Lage sein, Blitzströme von 200 kA abzuleiten, während ein Überspannungsableiter lediglich zur Begrenzung von Überspannungen mit vergleichsweise kleinen Stoßströmen dient.

Näherungsweise kann angenommen werden, dass sich der Blitzstrom gemäß dem nachfolgenden Bild aufteilt.

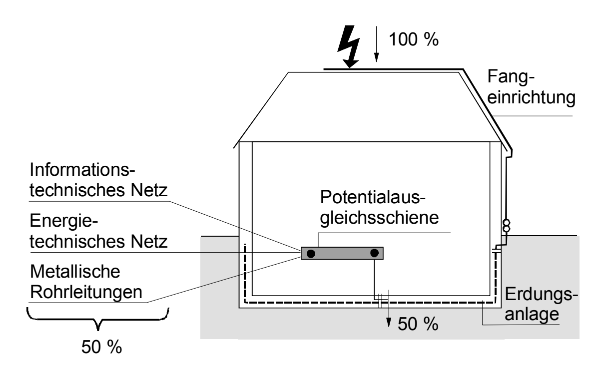


Bild: Blitzstromverteilung

Dabei fließen 50 % über die Erdungsanlage ab, die restlichen 50 % teilen sich auf die angeschlossenen Versorgungssysteme auf. Im ungünstigsten Fall (lediglich Energieversorgungsnetz mit L- und PEN-Leitern vorhanden) kann sich so eine Belastung von 50 kA pro Leiter ergeben.

7.1.2 Überspannungen durch elektrostatische Entladungen

Im Gegensatz zu den Problemen durch Blitzschlag, die zu den äußeren Einwirkungen zählen, werden elektrostatische Entladungen innerhalb der betreffenden Anlage oder Räumlichkeit selbst erzeugt.

Die Ursache für statische Aufladungen können Teppichböden, Kleidungsstücke, Schuhe usw. sein. Dabei entstehen Spannungen bis zu 20 kV. Berührt ein statisch aufgeladener Körper Oberflächen, die eine leitende Verbindung zur Erde haben, wird der Körper schlagartig entladen. Die sich einstellenden Ströme sind sehr gering (µA-Bereich) und nicht gesundheitsschädlich für Mensch und Tier. Der elektrische Schlag wird aber als sehr unangenehm empfunden.

Elektronische Geräte können jedoch durch den abfließenden Entladeimpuls und die in benachbarte Leitungen bzw. Leiterbahnen induzierte Spannung geschädigt werden. Sogar Spannungsüberschläge zur Versorgungsspannung sind möglich.

Insbesondere Datenverarbeitungsanlagen und informationstechnische Netze sind dadurch gefährdet.



Bild: Elektrostatische Entladung bei PC Berührung

7.1.3 Überspannungen durch elektromagnetische Impulse

Durch Schaltvorgänge, meist innerhalb der Elektroanlage, können Überspannungsimpulse, auch Transienten genannt, ausgelöst werden und nicht unerhebliche Werte erreichen. Als Beispiel ist im folgenden Bild der Auslöseimpuls einer 10 A Sicherung dargestellt.

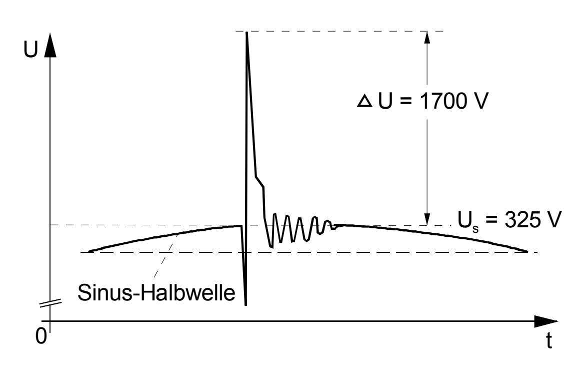


Bild: Kurzschluss-Impuls vor einer 10 A Sicherung

Aus dem Bild ist ersichtlich, daß ein Impuls von ca. 1700 V entsteht und ein kurzes Nachschwingen durch die vorhandenen Leitungskapazitäten und -induktivitäten erfolgt.

Diese Netzüberspannungen oder Netzspikes pflanzen sich innerhalb einer Elektroanlage in alle Richtungen fort und nur selten ist die Ursache so eindeutig feststellbar wie bei einem Kurzschluss.

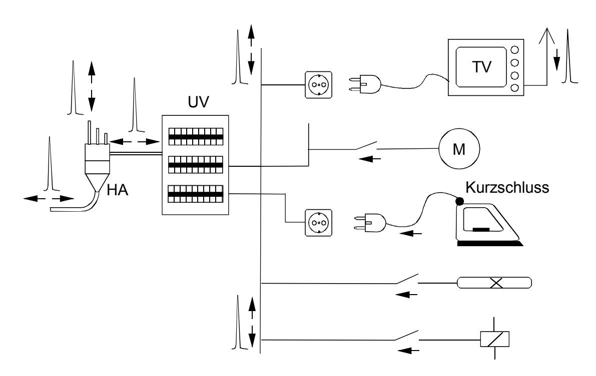


Bild: Transiente Überspannungen

Sehr häufig können die Ursprünge der Transienten nur sehr schwer lokalisiert werden. In den meisten Fällen muss versuchsweise ermittelt werden, welches Gerät für die auftretenden Spikes verantwortlich ist. In der Regel hilft man sich damit, einen Netzspannungsschreiber anzuschließen und durch das nacheinander erfolgende Schalten der verdächtigen Verbraucher eine Zuordnung zu finden. Die exakte Höhe

und Breite von Spikes lässt sich in der Anlage meist nur sehr vage angeben. Messwerte mit Netzspannungsschreibern aufgenommen, sind meist nicht reproduzierbar und liegen häufig deutlich unter der tatsächlichen Belastung für die Anlagenteile. Die Transienten können jeden Punkt der Netzspannung betreffen und unterschiedliche Höhen und Breiten und damit auch einen unterschiedlichen Energiegehalt haben.

Das Versorgungsnetz selbst hat ebenfalls einen nicht unerheblichen Einfluss auf die Ausbreitung von Transienten. So ist der Innenwiderstand des Netzes maßgeblich dafür verantwortlich, wie gut sich ein Spike in der Anlage ausbreiten kann.

Mit einem „sehr harten Netz“, d. h. einem Netz mit sehr geringem Innenwiderstand, werden Transienten durch Schaltvorgänge sehr stark bedämpft. Ob man nun ein hartes oder ein weiches Netz hat hängt wesentlich davon ab, wie weit die nächste Trafostation entfernt ist, die für die Versorgung zuständig ist.

7.2 Ermittlung der möglichen Überspannungen

Um bei der Planung der Anlage bereits einen ausreichenden Schutz zu projektieren, sollte geklärt werden, welche Größenordung von Überspannungen auftreten können. Man unterscheidet daher nach dem Ursprung zwei Hauptgruppen von Überspannungen.

7.2.1 Äußere Überspannungen

Die Ursachen äußerer Überspannungen liegen außerhalb des zu schützenden Systems und gelangen über Verbindungsleitungen in das System oder entstehen durch induktive oder kapazitive Einkopplungen ins System. Dazu zählen eine galvanische Kopplung mit höherem Spannungspotential, zuleitungsgebundene Störgrößen und eine Blitzbeeinflussung. Wellenform, Amplitude und Häufigkeit sind hierbei in den meisten Fällen nicht oder nur unzureichend bekannt. Eine rechnerische Dimensionierung des Überspannungsschutzes ist daher nur schwer möglich. Man hält sich aus diesem Grund an Prüfvorschriften, denen die Schutzkomponenten genügen müssen. Für einen zuverlässigen Schutz muss deshalb eine gewisse Überdimensionierung in Kauf genommen werden.

7.2.2 Innere Überspannungen

Unter inneren Überspannungen versteht man Einflüsse, deren Ursachen innerhalb des zu schützenden Systems selbst entstehen. Dazu zählen wieder galvanische Kopplungen mit höherem Spannungspotential (z. B. Netz-und Niederspannungsleitungen), elektrostatische Überschläge, Schalten von induktiven Verbrauchern sowie induktive oder kapazitive Einkopplungen.

Bei inneren Überspannungen lassen sich, unter Annahme von „Worst-Case-Bedingungen“, die maximal auftretenden Überspannungen kalkulieren oder sogar durch einen Test ermitteln. Hierdurch wird der Schutz optimiert. Die verwendeten Schutzkomponenten müssen jedoch auch hier gewissen Prüfvorschriften genügen.

7.2.3 Prüfsignale

Da die Überspannungsschutzorgane je nach Leistungsfähigkeit und Einsatzzweck in unterschiedliche Klassen eingeteilt werden, gibt es für jede Klasse entsprechende Prüfvorschriften. So werden Schutzkomponenten für den Grob-und Mittelschutz nach deutlich höheren Kriterien getestet als Geräte für den Feinschutz. Diese eindeutigen Prüfvorschriften erlauben, dass die Schutzfunktion der Geräte in Form vergleichbarer technischer Daten angegeben werden kann.

Eine der wichtigsten Prüfkurven ist die Wellenform (8/20) µs. Diese wird in technischen Daten zur Spezifizierung der Ableitstoßströme verwendet. Die absolute Höhe des Stromes ist dabei vom Einsatzort des Schutzelementes abhängig.

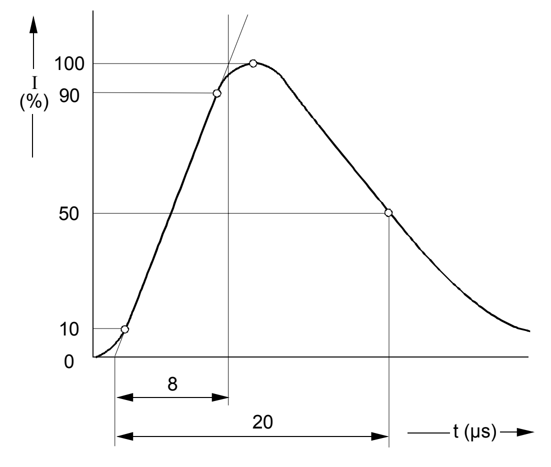


Bild: Stoßstrom mit Wellenform (8/20) µs

7.3 Bauelemente zur Überspannungsbegrenzung

Je nach Einsatzzweck und Anforderung können zur Überspannungsbegrenzung unterschiedliche Bauteile verwendet werden. Sehr häufig werden Gasableiter, Varistoren, Suppressordioden oder auch Kombinationen dieser Bauelemente verwendet.

Auf das elektrische Verhalten dieser Bauteile wird in den folgenden Kapiteln etwas ausführlicher eingegangen.

7.3.1 Gasableiter

Gasableiter, auch Funken- oder Entladungsstrecken genannt, sind im ungezündeten Zustand sehr hochohmig (MΩ-Bereich), während sie im gezündeten Zustand, aufgrund eines durch einen Stromstoß entstandenen Lichtbogens, praktisch einen Kurzschluss mit einer Restspannung von ca. 10 V darstellen.

Gasableiter werden in Spannungskategorien unterteilt. Als Beispiel ist im folgenden Diagramm die Ansprechgeschwindigkeit eines 700 V-Typs dargestellt. Es wird ersichtlich, dass ca. 0,7 µs vergehen, bevor der Gasableiter zündet.

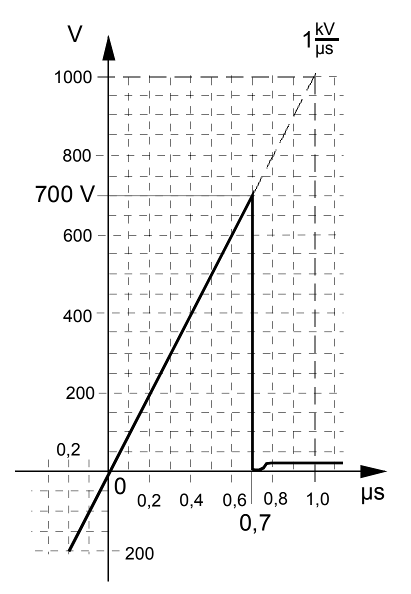


Bild: Ansprechgeschwindigkeit eines Gasableiters

Die nächsten Bilder zeigen den inneren Aufbau eines Gasableiters und seine Kennlinie.

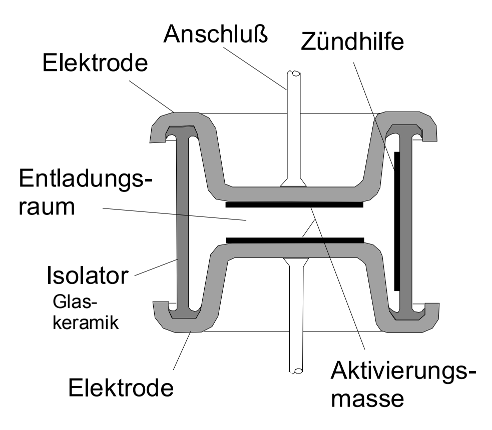


Bild: Aufbau Gasableiter

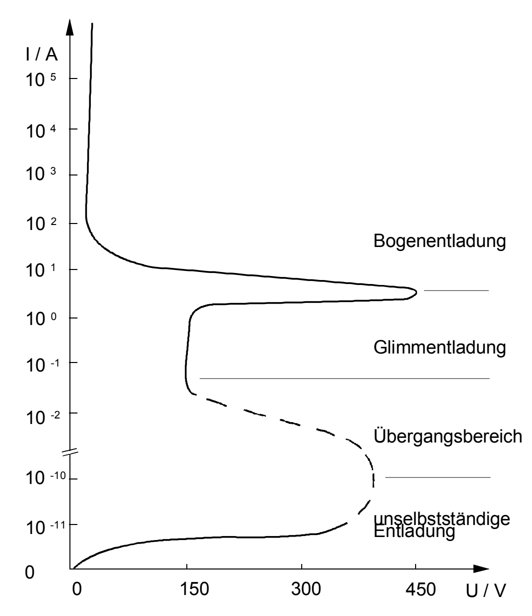


Bild: Gasableiterkennlinie HB

Gasableiter haben ein weites Einsatzfeld, das vom Grobschutz bis zum Feinschutz reicht.

Nachteilig ist, dass eine relativ hohe Zündspannung benötigt wird und die Ansprechzeiten relativ hoch sind.

7.3.2 Varistoren (VDR-Widerstände)

Varistoren sind Halbleiterbauelemente, deren Widerstand richtungsunabhängig mit zunehmender Spannung abnimmt.

Die Bezeichnung ist aus dem englischen Begriff **var**iable res**istor** (veränderlicher Widerstand) entstanden. Häufig findet man auch die Bezeichnung VDR-Widerstand, abgeleitet aus **v**oltage **d**ependent **r**esistor (spannungsabhängiger Widerstand).

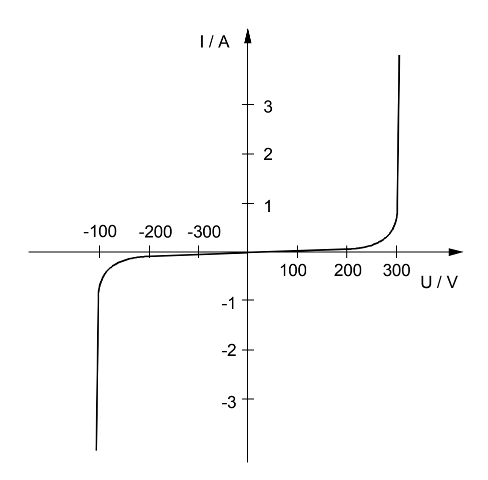


Bild: Kennlinie Varistor

Parallel zur der zu schützenden Elektronik geschaltet, bilden sie bei Spannungsanstieg einen niederohmigen Nebenschluss und verhindern so den weiteren Anstieg der Überspannung.

Eine außerordentliche Strombelastbarkeit und ihre sehr schnelle Ansprechzeit (< 25 ns) machen sie zum fast perfekten Schutzelement. Der Varistor erreicht in kürzester Zeit seine Begrenzungsspannung und ist deutlich schneller, aber insgesamt in seinem Ableitvermögen geringer, als ein Gasableiter.

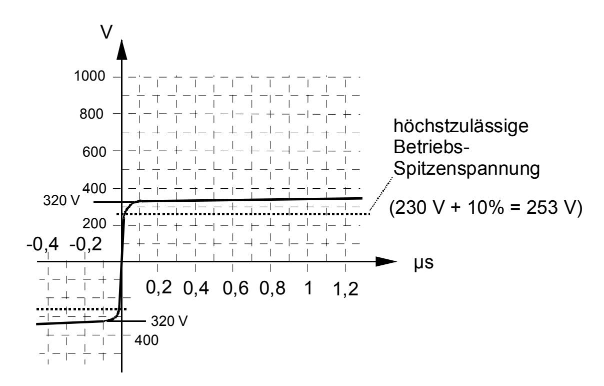


Bild Ansprechgeschwindigkeit eines Varistors

Das Bauteil besteht aus gesinterten Zinkoxid-Körnern, die in einer Hülle aus Epoxidharz eingeschmolzen sind.

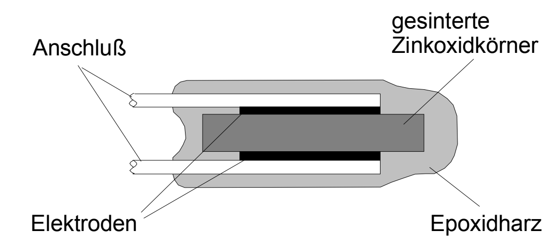


Bild: Schematische Varistordarstellung

Um die Funktionsweise eines Varistors zu verstehen, kann ein Diodenmodell zu Hilfe genommen werden. An den Berührungsflächen der Zinkoxidkörner bilden sich Mikrovaristoren, die die Charakteristik von symmetrischen Z-Dioden mit einer Sperrspannung von ca. 3,5 V haben.

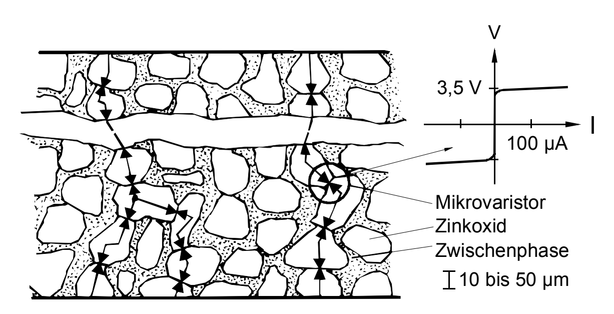


Bild: Varistoraufbau

Durch Reihen- und Parallelschaltungen solcher Z-Dioden ergibt sich das elektrische Verhalten des Varistors:

- Vergrößerung der Schichthöhe aus Zinkoxid-Körnern ergibt eine Erhöhung des Schutzpegels (Reihenschaltung),
- Vergrößerung des Schichtquerschnittes aus Zinkoxid-Körnern ergibt eine Erhöhung des Ableitvermögens (Parallelschaltung),
- Vergrößerung des Schichtvolumens aus Zinkoxid-Körnern ergibt eine Erhöhung des Energieabsorbtionsvermögens (Reihen- und Parallelschaltung).

Durch Variation dieser Größen können Varistoren mit unterschiedlichsten Kenndaten hergestellt werden.

Varistoren werden nach der Betriebsspannung klassifiziert. Wird diese Spannung um das ca. 1,5-fache überschritten, führt das zum Zusammenschmelzen der Zinkoxidkörner. Dies führt zu einer bleibenden Veränderung der elektrischen Eigenschaften, da die Anzahl der Z-Dioden durch das Zusammenschmelzen reduziert wird. Der Schutzpegel des Varistors wird zunehmend niedriger, es kommt dann, u. U. bereits bei normaler Betriebsspannung, zu einem erhöhten Stromfluss, der bis zur thermischen Zerstörung führen kann. Bei sehr hohen Spannungen kann der Varistor im Extremfall sogar zerplatzen. Daher wird er meist in Verbindung mit Temperatursicherungen oder innerhalb gekapselter Gehäuse eingesetzt.

7.3.3 Suppressordioden

Suppressordioden (z. B. Transil-Dioden) sind Halbleiterbauelemente, die ein ähnliches Verhalten wie eine Z-Diode zeigen.

Die Spitzensperrspannung U_{RM} der Diode muss größer oder gleich der Betriebsspannung der zu schützenden Schaltung sein. Bei nur geringfügiger Überschreitung der zulässigen Sperrspannung nimmt der Strom durch die in Sperrrichtung geschaltete Diode lawinenartig zu. Damit wird erreicht, dass die am zu schützenden Bauteil anliegende Spannung nicht weiter ansteigt.

Das lawinenartige Ansteigen des Stromes wird Avalanche-Effekt genannt. Daher werden Suppressordioden auch Avalanche-Dioden genannt. Die Ansprechzeiten liegen im Bereich einiger ns (Nanosekunde = milliardstel Sekunde).

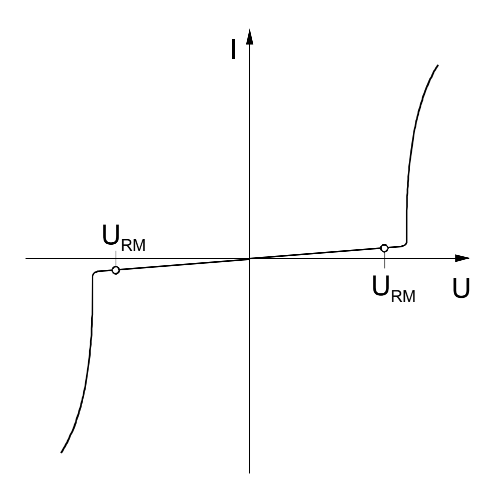


Bild: Kennlinie Suppressordiode

Im Bild ist die Kennlinie einer bidirektionalen Suppressordiode schematisch dargestellt. Es findet also eine Spannungsbegrenzung in beiden Richtungen statt.

Sie sind speziell dafür ausgelegt, um hohe Transienten abzuleiten. Nachteilig ist ihr relativ hoher Preis und ihre beschränkte Fähigkeit, Energie abzuführen.

Der Hauptanwendungsbereich liegt im Schutz für Geräte, Baugruppen und teure elektronische Bauteile. Suppressordioden sind als geräteinterner Feinschutz einzuordnen.

7.3.4 Kombination von Gasableiter und Varistor

Sehr häufig wird eine Kombination von Varistor und Gasableiter zur Überspannungsbegrenzung verwendet. Diese Bauteile ergänzen sich für einige Anwendungsgebiete auf fast ideale Art und Weise.

Bei einer Reihenschaltung dieser Bauteile ergibt sich für die Dauer einer Belastung mit einem Transienten folgender Spannungsfall:

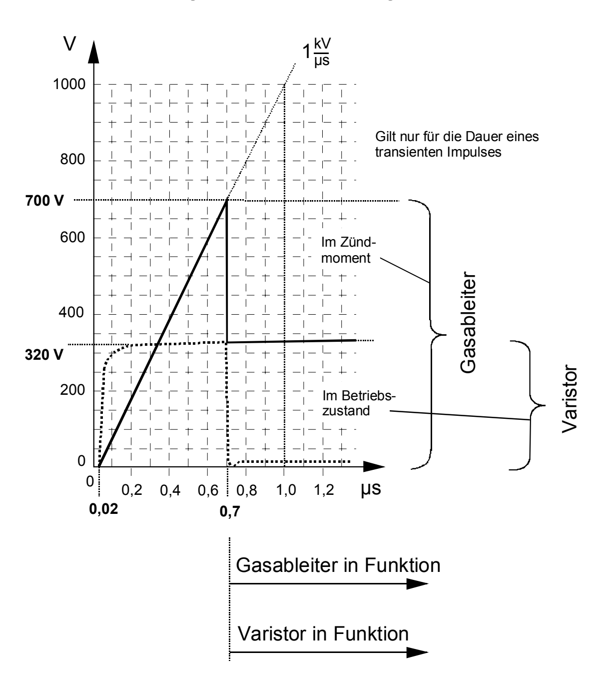


Bild: Kennlinie der Reihenschaltung von Varistor und Gasableiter

7.4 Geräte mit Überspannungsschutz

Die in den vorausgegangenen Kapiteln beschriebenen Bauteile kommen in einigen Geräten für den Feinschutz zum Einsatz. Sie werden sowohl bereits innerhalb von elektronischen Komponenten zum Schutz von hochwertigen und empfindlichen Bauteilen (z. B. ASIC oder µC) sowie auch in zusätzlich extra für den Überspannungsschutz konzipierten Geräten sehr häufig eingesetzt.

Alle in den nachfolgenden Kapiteln aufgeführten Geräte sind für einen Überspannungschutz geeignet. Sie sind nicht dafür geeignet, statisch zu hohe Spannungen abzuschwächen, wie z. B. bei Falschanschluss an zwei Außenleiter (L1 und L2 → 400 V) anstatt an L und N (230 V).

Sie sind auch nicht geeignet, überhöhte Strangspannungen aufgrund einer Sternpunktverschiebung bei nicht korrekt aufgelegtem Neutral-Leiter innerhalb eines Drei-Phasen-Netzes abzufangen. Durch statisch zu hohe Betriebsspannungen werden die Schutzkomponenten zerstört.

7.4.1 Geräteinterner Schutz gegen Überspannungen

Fast alle elektronischen Geräte der Hausinstallationstechnik sind mit überspannungsbegrenzenden Bauteilen oder Schaltungen ausgestattet. Dies können zum einen Z-Dioden oder Suppressordioden zum Schutz einzelner Halbleiter-Bauelemente sein, die im Vergleich zu der übrigen Schaltung deutlich empfindlicher sind, zum anderen auch ein „Gerätegesamtschutz“ mit mehreren Schutzkomponenten innerhalb einer speziell für das Gerät ausgelegten Schaltung.

Bereits bei der Entwicklung und Fertigung elektronischer Geräte werden durch Einhalten der geltenden Vorschriften (VDE, EN-Normen, IEC-Prüfvorschriften, usw.) viele Störungsursachen beseitigt.

So verfügen z. B. alle TRONIC-Transformatoren über einen Spikeschutz gemäß DIN VDE 0712 Teil 25 / EN 61047.

Trotzdem sind in vielen Fällen zusätzliche Schutzmaßnahmen notwendig, weil eine Belastung mit Überspannungen in Anlagen die Werte, die in den entsprechenden Normen spezifiziert sind, deutlich überschreiten können.

Jeder geräteinterne Schutz ist ein reiner Feinschutz und kaum in der Lage, energiereichere Impulse abzubauen.

7.4.2 TRONIC-Überspannungsschutz-Modul

In umfangreichen Installationen werden oft neben elektronischen Komponenten auch Leuchtstofflampen, Hochdrucklampen (z. B. HQL, HQI), konventionelle gewickelte Trafos, Lüfter (Motoren) und andere induktive Verbraucher eingesetzt. Man spricht dabei von einer Mischinstallation.

Beim Ein- und Ausschalten solcher Verbraucher können so energiereiche Netzüberspannungen (Spikes) entstehen, dass die in elektronischen Komponenten integrierte Überspannungsschutzschaltung (gem. VDE 0712/25) nicht ausreichend ist.

Sind diese inneren Überspannungen durch reine Installationsmaßnahmen (geeignete Verlegung von Leitungen etc.) nicht auf ein für die gefährdeten Geräte erträgliches Maß zu begrenzen, können zur Reduzierung von Netzspikes TRONIC-Überspannungsschutz-Module eingesetzt werden.

Das Überspannungsschutz-Modul enthält einen Varistor, der für Impulse von hoher Spannung niederohmig ist und sie kurzschließt. Zusätzlich wird der Varistor im Modul mit Hilfe eines Temperaturschalters thermisch überwacht und im Extremfall von der Versorgung abgekoppelt. Damit ist sichergestellt, dass der Varistor nicht schlagartig zerplatzt.

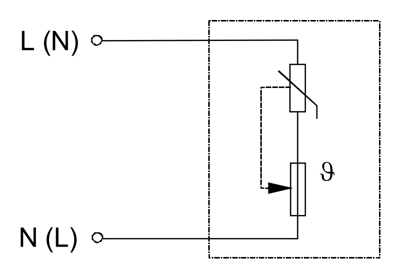


Bild: Prinzip Überspannungsschutzmodul

Nach Auslösen des Temperaturschalters ist das Modul irreparabel zerstört und muss gegen ein neues ausgetauscht werden.

Bisher sind keine Schäden des Moduls bekannt, die durch Schaltvorgänge der zuvor erwähnten Verbraucher hervorgerufen wurden.

Es ist als Einbau-Gerät ausgeführt und kann in Verteilerdosen sowie direkt an den Eingangsklemmen der zu schützenden Geräte, z. B. in der Zwischendecke, untergebracht werden. Daher wurde auf Signalleuchten am Modul verzichtet, sie wären ohnehin nicht sichtbar.

Das Modul wird parallel und so nah wie möglich an den zu schützenden Komponenten angeschlossen.

7.4.3 Steckdose mit Überspannungsschutz und Signalton

Die Steckdose, Ausführung UP, enthält eine Schaltung, die Überspannungen von angeschlossenen Geräten fernhält. Technisch wird das durch spannungsabhängige Widerstände, z. B. Varistoren oder Gasableiter, erreicht.

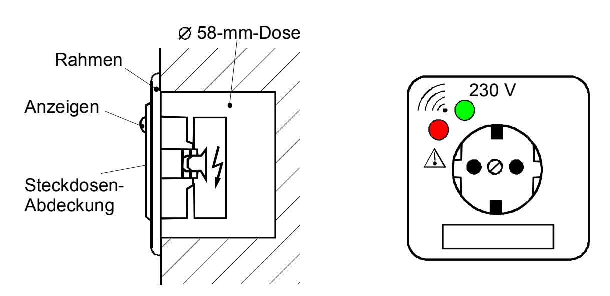


Bild: Steckdose mit Überspannungsschutz

Die Steckdose reduziert kurzzeitige Netzspannungsüberhöhungen auf ein für elektronische Geräte verträgliches Maß. Die angeschlossenen Verbraucher sind somit vor der Zerstörung durch Netzspikes geschützt.

Durch eine Temperaturüberwachung wird die Funktionsbereitschaft der Varistoren festgestellt, und bei Grenzwertüberschreitung trennt eine Thermosicherung den Schutzzweig ab. In diesem Extremfall wird die Schutzschaltung unwirksam. Da die Versorgungsspannung für die angeschlossenen Verbraucher auch in diesem Fall nicht unterbrochen wird, muss dieser Zustand signalisiert werden.

Der Funktionszustand ist über zwei Anzeigelampen feststellbar. Die grüne Kontroll-Lampe zeigt, dass die Netzspannung an der Schutzschaltung anliegt. Sobald die rote Kontroll-Lampe leuchtet, hat die thermische Abtrennvorrichtung angesprochen und der Überspannungsschutz ist nicht mehr gegeben. Zusätzlich ertönt ein akustisches Warnsignal. Hierdurch wird dem Anwender, auch bei nicht sichtbarer Steckdose, der Ausfall des Überspannungsschutzes signalisiert. Das Warnsignal kann durch Herausziehen des Netzsteckers aus der Steckdose abgeschaltet werden.

Ein sofortiger Austausch der Steckdose ist erforderlich. Das nachfolgende Prinzipschaltbild verdeutlicht den Sachverhalt.

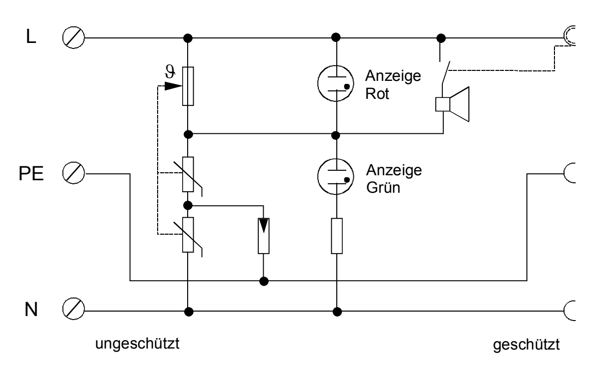


Bild: Schaltungsprinzip Überspannungschutzsteckdose mit Signalton

7.4.4 Netzfilter mit Überspannungsschutz

Hochempfindliche elektronische Geräte wie Computer, medizinische Geräte, hochwertige Video- und Audiokomponenten, MSR-Anlagen usw. können nicht nur durch Netzspikes, sondern auch durch Hochfrequenz beeinflusst bzw. gestört werden.

Beispiel 1: Schalten eines Luftschützes

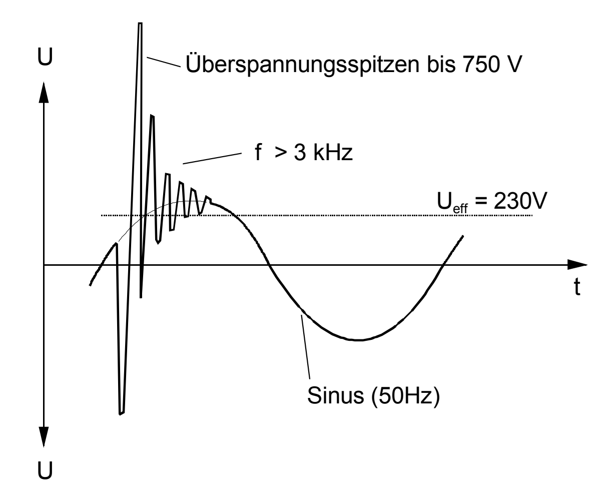


Bild: Schalten eines Luftschützes

Durch das Schalten eines Luftschützes können Überspannungen von ca. 750 V auftreten. Ebenso treten Nachschwingungen auf, deren Frequenzen 3 kHz überschreiten können.

Beispiel 2: Abschalten einer 36 W-Leuchtstofflampe, unkompensiert

Unkompensierte Leuchtstofflampen verursachen zunächst ein kleines Nachschwingen, dann einen hohen transienten Impuls, der in hochfrequente Nachschwingungen bis ca. 8 Mhz übergeht.

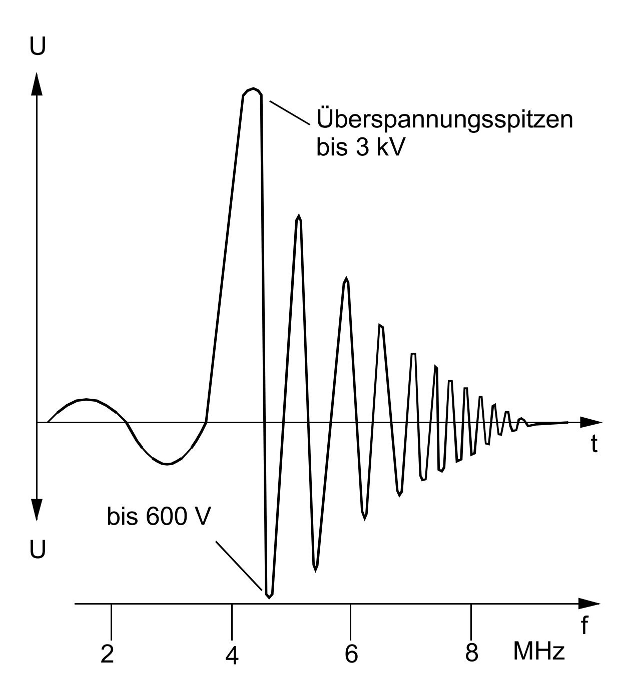


Bild: Schalten einer 36 W-Leuchtstofflampe, unkompensiert

In beiden Beispielen müssen die transienten Spannungsspitzen vom Überspannungsschutz abgeleitet und die hochfrequenten Nachschwingungen von einem HF-Filter bedämpft werden.

Das Netzfilter enthält zusätzlich zum Überspannungsschutz ein Filter, das hochfrequente Störspannungen dämpft. Es ist als ortsveränderliches Gerät ausgeführt und wird dem zu schützenden Gerät vorgeschaltet.

Die verwendeten Varistoren werden thermisch überwacht und bei Überlastung vom Netz getrennt. Das Gerät bleibt, jedoch ohne Überspannungsschutzfunktion, betriebsbereit.

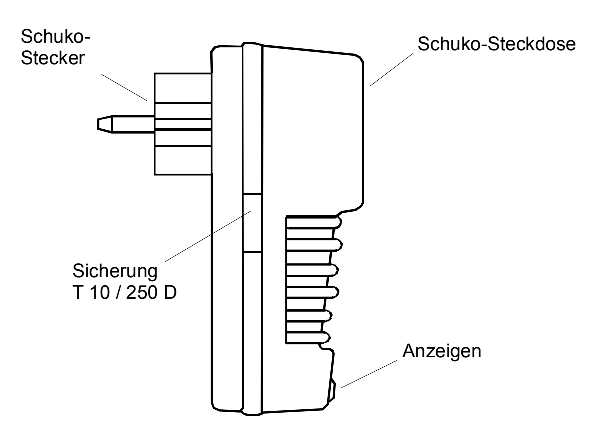


Bild: Netzfilter

Es werden sowohl symmetrische als auch asymmetrische Störspannungen gefiltert. Symmetrische Störspannungen treten zwischen den stromführenden Leitern auf, asymmetrische dagegen zwischen jeder stromführenden Leitung und PE.

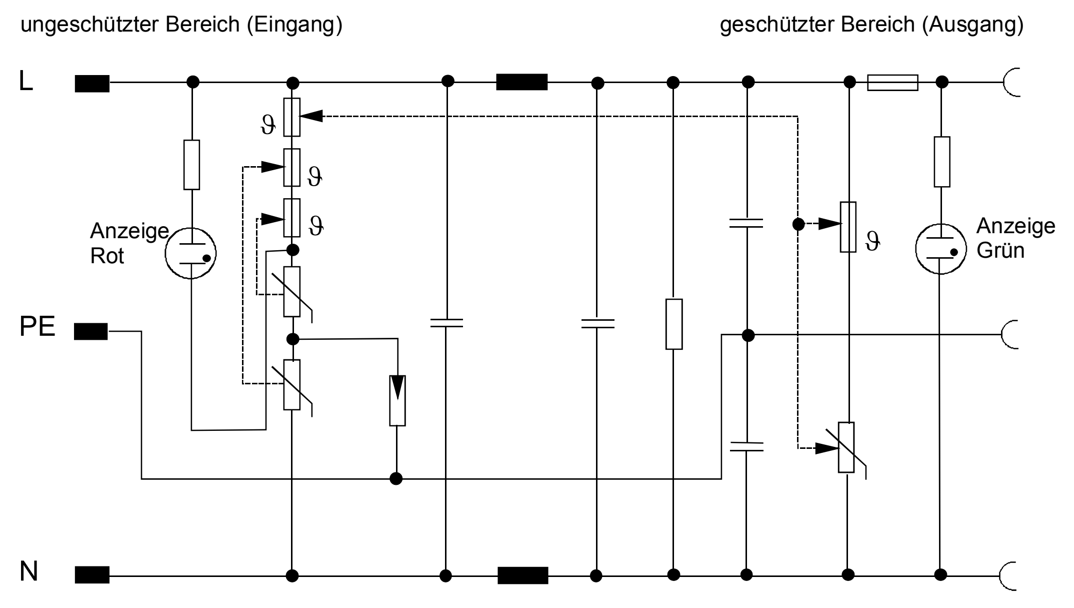


Bild: Schaltungsprinzip Netzfilter

Im unten dargestellten Diagramm ist die prinzipielle Übertragungscharakteristik des Filters aufgezeigt. Damit werden Störungen, die im Rundfunk- und Fernsehbereich liegen, weitgehend unterdrückt.

Die Dämpfung ist im logarithmischen Maßstab dargestellt. 20 dB entsprechen einer 10fachen, 60 dB einer 1000fachen Dämpfung.

Es ist darauf zu achten, dass am Netzfilter nur Geräte mit einem Gesamtnennstrom bis zu 10 A angeschlossen werden. Zum Schutz vor Überlastung besitzt das Netzfilter eine Feinsicherung T10/250 D, die seitlich im Gehäuse in einem Sicherungshalter sitzt.

Die integrierten Lampen signalisieren:

- grün an: Gerät betriebsbereit
- grün aus: Netzsicherung hat ausgelöst oder Netzspannung fehlt
- rot an: Thermosicherung des Überspannungsschutzes hat angesprochen, das Schutzgerät ist zu erneuern.

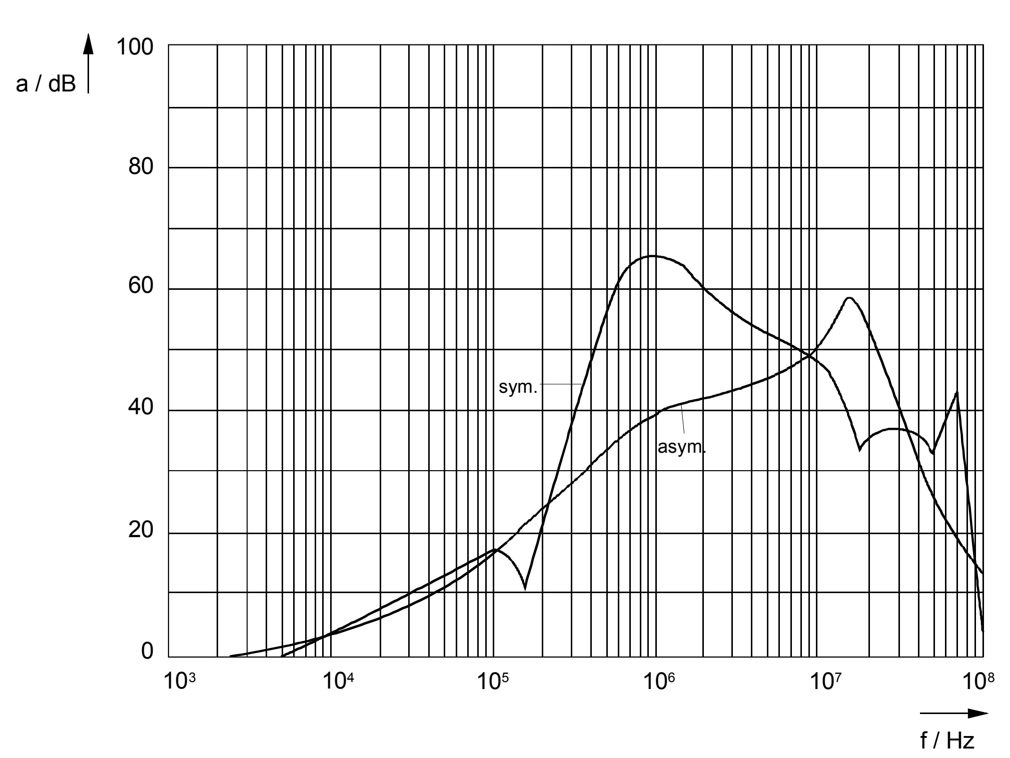


Bild: Übertragungscharakteristik Netzfilter

7.5 Staffelschutz

Um einen umfassenden und wirtschaftlichen Überspannungsschutz in einer Anlage zu erhalten ist es sinnvoll, Überspannungsimpulse durch eine Staffelung von Schutzbausteinen stufenweise abzubauen. Die überspannungsbegrenzenden Elemente werden dabei mit abnehmender Begrenzungsspannung und Energiebelastbarkeit miteinander verbunden.

Damit werden größere und energiereiche Transienten, die überwiegend über das Energieversorgungsnetz eingekoppelt werden, bereits beim Eintritt in die Anlage wesentlich abgeschwächt (Grobschutz). In diese Kategorie fallen der konsequente Potentialausgleich und Entladungsstrecken. Dieser Grobschutz wird in Transformatorstationen und Hauptverteilungen angewendet.

Eine weitere Abschwächung erfahren Transienten in der Unterverteilung. Man spricht dort von einem Mittelschutz, bei dem hauptsächlich Gasableiter und Varistoren verwendet werden.

Zur Komplettierung des Überspannungsschutzes wird der Feinschutz nach der Überspannungsempfindlichkeit der zu schützenden Geräte ausgelegt. Zum Feinschutz zählen Geräte wie z. B. die Überspannungsschutzsteckdose, das Netzfilter und das TRONIC-Überspannungschutz-Modul. Die Wirkung dieser Geräte besteht darin, dass das zu schützende Gerät im Nebenschluss zur Schutzschaltung liegt.

Eine symbolische Darstellung des Staffelschutzes zeigt das nachfolgende Bild:

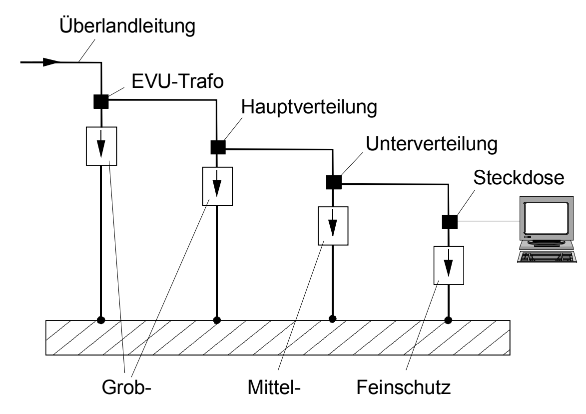


Bild: Staffelschutz

7.6 Isolationsmessungen

Die VDE 0100, Teil 600 schreibt eine Anlagenisolationsmessung vor und weist gleichzeitig auf mögliche Fehlmessungen durch angeschlossene Überspannungsschutzgeräte hin. Sie verfälschen aufgrund ihrer spannungsbegrenzenden Bauteile die Messwerte.

Daher ist generell zu beachten:

Bei Isolationsmessungen in einer elektrischen Anlage sind grundsätzlich alle Überspannungsschutzgeräte abzuklemmen, da andernfalls die Prüfspannung durch die Schutzbausteine begrenzt wird und dies zu Fehlmessungen führen würde.

Sollten bei einer Prüfung versehentlich noch Überspannungsschutzgeräte eingebaut sein, so werden diese durch die geringen Ströme nicht zerstört.

Das Abklemmen gilt ebenfalls für alle Geräte, die überspannungsbegrenzende Bauteile integriert haben, wie z. B. TRONIC-Transformatoren, die in ihrem Eingangsschaltkreis einen Varistor haben.

Über einen handelsüblichen Schalter ist bereits eine galvanische Trennung gewährleistet, bei einem Tastdimmer jedoch nicht. In diesem Fall ist der Tastdimmer vom Netz zu trennen.

7.7 Installationshinweise

Die Ausführung der Installation hat einen erheblichen Einfluss auf die Belastung einzelner Verbraucher mit Überspannungen. Die Einkopplung von Transienten kann durch geeignete Maßnahmen erheblich reduziert werden.

7.7.1 Einkopplung von Transienten

Generell sollten die überspannungsgeschützten Leitungen zu den Verbrauchern möglichst kurz gehalten werden. Geschützte (überspannungsreduzierte) Leitungen sollten nicht parallel oder gebündelt mit ungeschützten Leitungen, z. B. in einem gemeinsamen Kabelkanal, verlegt werden. Eine solche Verlegung birgt die Gefahr erneuter Überspannungseinkopplungen. Einige Möglichkeiten, auf welche Weise Transienten einkoppeln können, sind im folgenden Beispielen dargestellt.

Beispiel 1:

Bei der Installation einer Überspannungs-schutzsteckdose kann durch nebeneinander liegende Leitungen hinter der Steckdose ein Einkoppeln nicht ausgeschlossen werden.

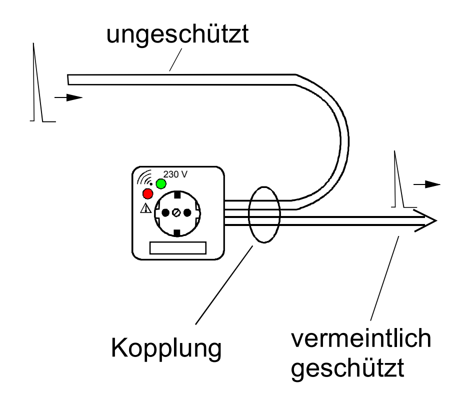


Bild: Einkopplungsmöglichkeit

Beispiel 2:

Bei größeren Spannungsspitzen ist sogar ein Überkoppeln in Leitungen, die auf der anderen Wandseite liegen, ohne weiteres möglich. Im Beispiel ist zwar die EDV-Anlage geschützt, nicht aber die auf der Rückseite gelegene Leitung. Die Transienten können sich in beide Richtungen der Netzleitung ausbreiten.

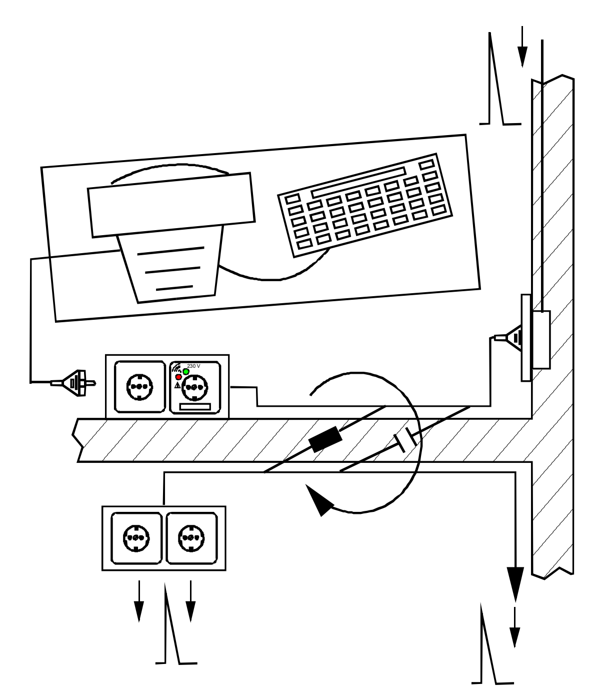


Bild: Überkoppeln auf gegenüberliegende Wandseite

Beispiel 3:

Eine nicht kontrollierbare Schwachstelle für das Einkoppeln von Transienten ist eine Mehrfach-Steckdosenleiste, in deren Anschlussleitung je nach Lage Transienten einkoppeln können. Eine Überspannungsschutzsteckdose ist daher grundsätzlich in der Steckdosenleiste anzu-ordnen.

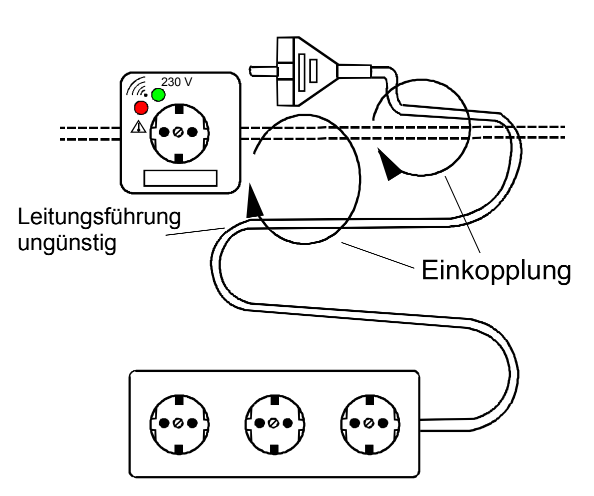


Bild: Einsatz Überspannungsschutzsteckdose ungünstig

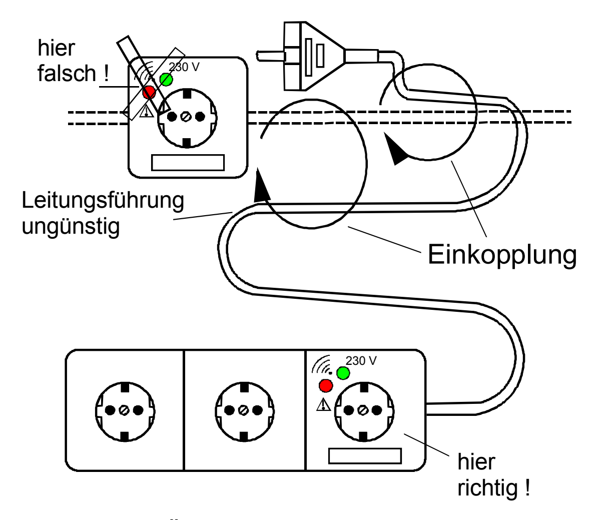


Bild: Einsatz Überspannungsschutzsteckdose günstiger

7.7.2 Ausbreitung von Transienten

Löst eine Sicherung unter Last aus, verursacht sie einen Kurzschlussimpuls, der sich auf die Netzleitung legt. Die Ausbreitung geschieht in alle Richtungen.

Eine geringe Abschwächung des Impulses geschieht durch Leitungslängen bzw. Überkopplungen in parallel geführte Leitungen.

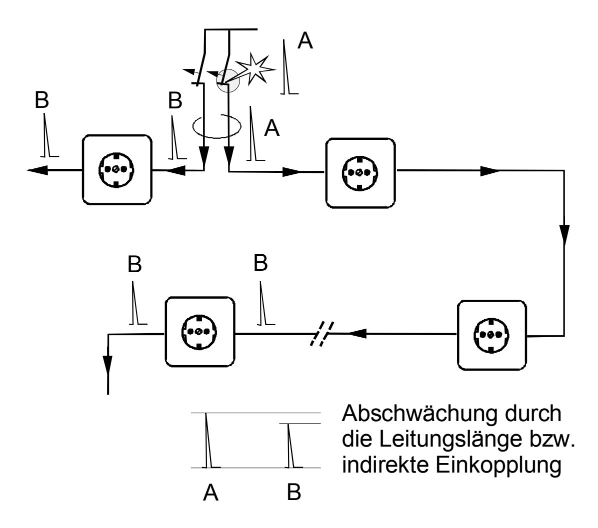


Bild: Ausbreitung von Transienten

Generelle Abhilfe kann nicht geschaffen werden, es ist jedoch eine erhebliche Abschwächung der Transienten durch Überspannungsschutzsteckdosen möglich.

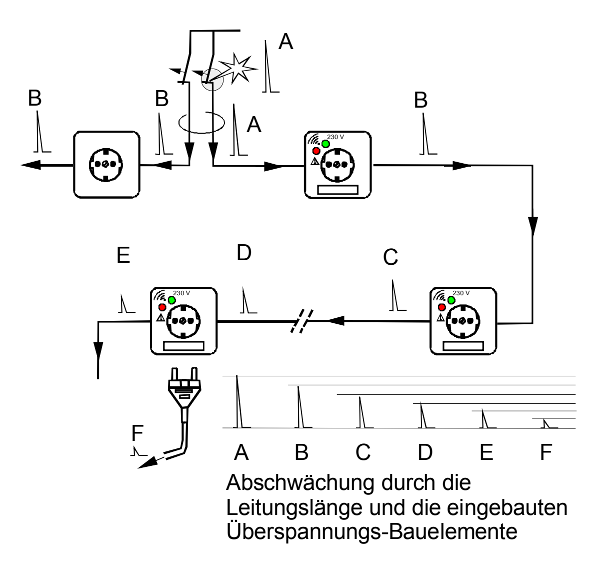


Bild: Ausbreitung von Transienten mit Überspannungsschutzsteckdosen

8 SICHERHEITSTECHNIK
8.1 Allgemeines

Aufgabe der Sicherheitstechnik ist es, Personen, Einrichtungen und Sachwerte vor Gefahren wie Einbruch, Überfall oder Brand zu schützen. Für nahezu jeden Anwendungsbereich – Banken, Juweliere, Einzelhandel – wurden ausgeklügelte Systeme entwickelt, auf die jeweils spezifischen Gefahren abgestimmt.

Im Heimbereich werden vorwiegend Einbruchmeldeanlagen installiert. Bei Bedarf können auch z. B. Rauch- und Überfallmelder integriert werden; hierzu ist aber nicht jede Anlage geeignet.

Die Zahl der Einbrüche in Deutschland ist zwar – laut polizeilicher Kriminalstatistik – in den letzten Jahren gesunken. Dass die Zahlen trotzdem noch auf hohem Niveau liegen, zeigt die Tatsache, dass sich die Zahl der Wohnungseinbrüche auf 100.000 Einwohner in den letzten 30 Jahren verdoppelt hat. Die hierdurch entstandene Schadensumme wird von der Versicherungswirtschaft auf mehr als € 500 Mio pro Jahr beziffert.

Die meisten Einbrüche hätten dabei – nach Angaben der Polizei – durch einfache Sicherungsmaßnahmen vermieden werden können.

Das folgende Diagramm zeigt die Häufigkeit der gemeldeten Wohnungseinbrüche, bezogen auf 100.000 Einwohner, der letzten 10 Jahre. Zu dieser Tendenz trägt die zunehmende Installation von Sicherungsmaßnahmen bei.

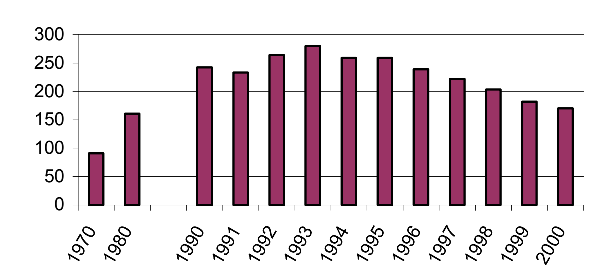


Bild: Anzahl der Wohnungseinbrüche auf 100.000 Einwohner

8.1.1 Wie lassen sich Einbrüche vermeiden?

Einbrecher haben einen geschulten Blick für Objekte, die einem Einbruchversuch wenig entgegenzuwirken haben. Zum Schutz dagegen unterscheidet man Maßnahmen, die einen Einbruchversuch

- durch **Anwesenheitssimulation** unterbinden,
- durch **mechanische Maßnahmen** erschweren und
- durch **elektronische Maßnahmen** melden.

8.1.1.1 Anwesenheitssimulation

Beliebte Einbruchsobjekte sind Häuser, die als kurzfristig „nicht bewohnt“ angesehen werden. Dieser Eindruck kann mit vergleichbar einfachen Mitteln vermieden und die Anwesenheit von Personen vorgetäuscht werden.

Simulationsschalter

Simulationsschalter bieten neben der normalen Funktion, Licht zu schalten, die Möglichkeit, gespeicherte oder zufällige Schaltzeiten auszuführen.

Ein Simulationsschalter schreibt in seinen Speicher alle Schaltzeiten der letzten sieben Tage. Diese gespeicherten Zeiten können für den Fall der Abwesenheit im Memory-Betrieb abgerufen werden.

In der Zufalls-Betriebsart werden bei Dunkelheit zufällige Schaltzeiten ausgeführt.

Jalousie-Zeitschaltuhr / Memory-Aufsatz

Rollläden, die den ganzen Tag geschlossen oder die ganze Nacht offen sind, ohne dass im Innern Licht zu sehen ist, lassen auf ein zur Zeit nicht bewohntes Haus schließen.

Jalousie-Zeitschaltuhren bieten die Möglichkeit, feste Schaltzeiten für die Steuerung der Rollladen zu programmieren. Diese Programmierzeiten lassen sich dann während der Abwesenheit automatisch ausführen und das Gebäude wirkt bewohnt.

Komfortable Steuergeräte speichern Auf- und Abfahrtzeiten der Rollläden. Diese können dann im 24-Stunden-Rhythmus ausgeführt werden (ähnlich Simulationsschalter).

Gebäudesystemtechnik, z. B. EIB

Bussysteme bieten die Möglichkeit, sämtliche Bereiche im Haus ohne höheren Zusatzaufwand zu automatisieren.

So kann auch eine komfortable Anwesenheitssimulation verwirklicht werden, in die Beleuchtung und Jalousie mit einbezogen sind.

Zusätzlich kann über eine Fernabfrage z. B. über Telefon überprüft werden, ob im Haus alles in ordnungsgemäßem Zustand ist.

Wichtig

Die besten Maßnahmen haben keinen Wert, wenn durch z. B. überquellende Briefkästen gezeigt wird, dass die Hausbewohner schon lange nicht anwesend waren. Daher ist es wichtig, dass sich während der Abwesenheit der Hausbewohner jemand um das Objekt bemüht.

Ebenso sollte auf dem Ansagetext des Anrufbeantworters nichts von der längeren Abwesenheit erwähnt werden.

8.1.1.2 Mechanische Sicherungen

Nur mechanische Sicherungen sind in der Lage, Einbrüche zu verhindern. Benötigt ein Einbrecher mehr als drei Minuten für die Überwindung eines gesicherten Zugangs, bricht er in der Regel den Versuch ab.

Eine Statistik zeigt, welche Einbruchspunkte am Haus am häufigsten gewählt werden.

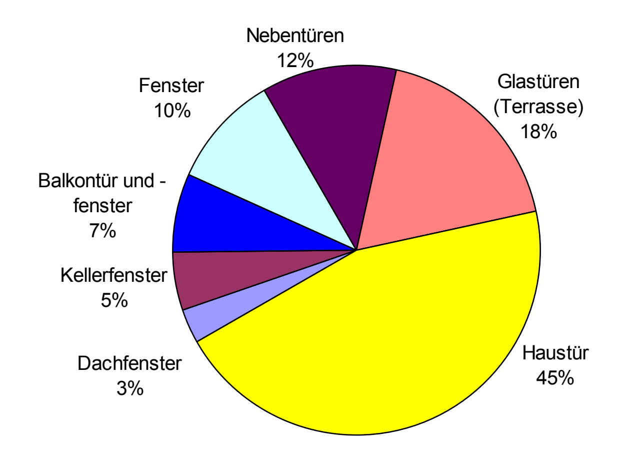


Bild: Einbruchspunkte am Haus
Quelle: Sicherheitstechnik rund um das Haus, Hüthig, 1995.

Da die Außentüren die am häufigsten genutzten Einbruchspunkte sind, lohnt es sich, besonderen Augenmerk darauf zu legen, dass

- diese stabil sind und
- noch ein zusätzlicher Einbruchsschutz besteht.

  Der zusätzliche Einbruchschutz kann z. B. ein abschließbarer Riegel sein, der für den Einbrecher eine zusätzliche Hürde darstellt.

Ferner sollten je nach Objekt und Sicherheitsbedürfnis

- die Fenster mit einbruchhemmender Sicherheitsverglasung oder Schutzgitter,
- die Kellerschachtgitter mit abschließbaren Ketten oder Stangen,
- die Rollläden mit geeignetem Riegel, der das Hochdrücken verhindert,

ausgerüstet werden.

Wichtige Verhaltensregeln

- Vermeiden Sie Auf- und Einstiegshilfen (z. B. stabile an der Hausmauer befestigte Klettergerüste für Spalierpflanzen, frei zugängliche Leitern und gestapelte Holzscheite).
- Beachten Sie, dass Bepflanzung in unmittelbarer Nähe vom Haus dem Einbrecher Sichtschutz und die Möglichkeit eines Versteckes geben kann.
- Lassen Sie Ihre Wohnung nie längere Zeit unbeaufsichtigt.
- Schließen Sie beim Verlassen des Hauses alle Fenster und die Haustür. Die Haustür nicht nur zuziehen, sondern auch abschließen.
- Lassen Sie sich einbruchhemmende Schlösser mit besonders geschütztem Profilzylinder einbauen.
- Verstärken Sie schwache Türblätter oder wechseln Sie diese aus.
- Vergessen Sie die Sicherung der Nebeneingangstüren nicht.
- Garagen und Geräteschuppen, in denen z. B. Fahrräder, Garten- und Heimwerker-Geräte aufbewahrt werden, sollten verschlossen gehalten und wenn möglich, in die Sicherungsmaßnahmen einbezogen werden.
- Nachbarn helfen Nachbarn: Achten Sie auf Fremde im Haus oder auf dem Grundstück des Nachbarn und sprechen Sie diese an. Alarmieren Sie bei Gefahr und dringenden Verdachtsfällen sofort die Polizei.
- Außensteckdosen sollten zweipolig abgeschaltet und getrennt abgesichert werden.

Außensteckdosen bieten Einbrechern Energiequellen für Einbruchwerkzeuge (Bohrmaschinen, Trennschleifer). Durch einen absichtlich herbeigeführten Kurzschluss kann außerdem die Stromversorgung des ganzen Objekts sabotiert werden.

8.1.1.3 Vorfeldsicherungen durch elektronische Maßnahmen

Einbrecher möchten nicht gesehen werden. Daher werden häufig die Stunden nach Einbruch der Dunkelheit genutzt, um in ein Haus einzudringen.

Durch eine Vorfeldsicherung mit Bewegungsmeldern wird die Außenbeleuchtung an einem Haus eingeschaltet und der Einbrecher bleibt nicht mehr ungesehen. Dies allein ist häufig schon Abschreckung genug und der Einbrecher sucht das Weite.

8.1.1.4 Elektronische Sicherungen im Objekt

Alle Vorfeldsicherungen und mechanischen Maßnahmen können keinen absoluten Schutz bieten. Hat ein Einbrecher einen Weg ins Haus gefunden, stehen ihm alle Möglichkeiten offen zu stehlen, randalieren und zu zerstören.

Hier haben sich Alarmanlagen bewährt, die einen Einbruch erkennen und melden.

In einem guten Sicherheitskonzept werden mechanische und elektronische Maßnahmen sinnvoll miteinander kombiniert. Wesentlicher Gesichtspunkt, der bereits bei der Planung einer Anlage beachtet werden muss, ist der Zeitpunkt der Alarmauslösung, weil dies bestimmender Faktor für die Anbringung der Sensoren ist.

Greifen die elektronischen Maßnahmen erst, wenn die mechanischen Sicherungen überwunden wurden, bleibt dem Einbrecher noch Zeit zum Diebstahl und zur Flucht.

Die Zeit, die bis zum Eintreffen eines Sicherheitsdienstes vergeht, muss als konstanter Faktor angesehen werden. Gleiches gilt für die Zeit, die ein Einbrecher zur Überwindung von mechanischen Sicherungen – Türriegel, Fenstergitter etc. – benötigt.

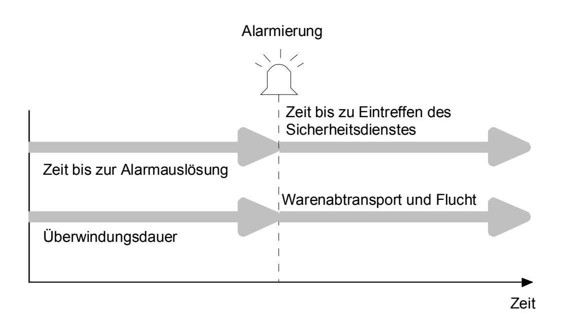


Bild: Alarmauslösung nach Überwindung der mechanischen Sicherungen (schlechtes Sicherheitskonzept)

In einem optimalen Sicherheitskonzept erfolgt die Alarmauslösung schon beim Versuch, die mechanischen Maßnahmen zu überwinden. Die Zeit, die zu Diebstahl und Flucht genutzt werden kann, wird entscheidend verkürzt; dem Einbrecher bleibt, um nicht ergriffen zu werden, nur die vorzeitige Flucht.

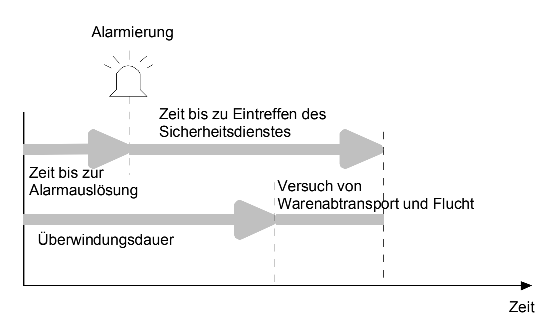


Bild: Alarmauslösung während der Überwindung der mechanischen Sicherungen (gutes Sicherheitskonzept)

Dazu ist zu jedem Objekt ein Sicherheitskonzept nach folgenden Forderungen zu entwickeln:

- Mechanische Sicherungsmaßnahmen – stabile Türen und Fenster, zusätzliche Riegel – müssen dem Einbrecher den größtmöglichen Widerstand entgegenbringen.
- Ein Einbruchversuch – Beschädigung von Türen und Fenstern – sollte so schnell wie möglich erkannt und gemeldet werden.
- Alle von außen zugänglichen Komponenten der Alarmanlage sind vor Sabotage zu schützen, damit jede Manipulation an den Geräten einen Alarm auslöst.
- Die Alarmsignalisierung sollte den örtlichen Verhältnissen angepasst werden, damit die Außensirene gut gehört und das Blitzlicht gut gesehen wird.

- Ist der Einbrecher unbemerkt in das Haus gekommen, sollten Melder im Innenraum einen Alarm auslösen, bevor die Alarmzentrale außer Betrieb gesetzt werden kann.
- Sinnvoll ist die Aufschaltung auf einen Sicherheitsdienst. Alle modernen Anlagen bieten die Ansteuerung eines Übertragungsgerätes (ÜG). Mit diesem Gerät kann der Alarm an einen Sicherheitsdienst oder eine Privatperson per Telefonleitung oder Funknetz übertragen werden.

8.1.2 Begriffe der Sicherheitstechnik

8.1.2.1 Sicherungsbereiche

Ein „Sicherungsbereich“ ist ein Bereich, der durch eine Gruppe von Meldern überwacht wird. Grundsätzlich werden hierbei Außenhautsicherung und Innenraumsicherung unterschieden.

Unter **Außenhautsicherung** versteht man die Überwachung der äußeren Hülle des zu sichernden Objektes, z. B. wenn sich Bewohner im Haus aufhalten. Sämtliche Möglichkeiten, von außen ins Haus zu kommen, werden mit geeigneten Komponenten gemeldet. Zur Sicherung von Türen und Fenstern werden Magnetkontakte oder Glasbruchsensoren eingesetzt.

Die **Innenraumsicherung** dient der Alarmierung bei erfolgtem Einbruch, wenn der Einbrecher sich bereits im Haus befindet. Hier sind zwei Arten von Sicherungen möglich. Optimalerweise werden in einem Objekt beide Sicherungsarten verwirklicht sollten.

- Die **Raumüberwachung** wird hauptsächlich mit Infrarot-Bewegungsmeldern realisiert. Sobald sich eine Person im gesicherten Bereich bewegt, wird die Wärmestrahlung der Person detektiert und an die Alarmzentrale gemeldet.
- Bei der **Fallenüberwachung** wird eine Tür oder ein Teil eines Raumes überwacht, der in jedem Fall passiert werden muss, um in einen anderen Teil des Hauses oder der Wohnung zu kommen. Hier können Magnetkontakte eingesetzt werden; weitere Maßnahmen sind z. B. Lichtschranken oder Trittmatten, die einen Kontakt betätigen.

8.1.2.2 Alarmanlage Unscharf und Scharf

Eine Alarmanlage unterscheidet im Betrieb verschiedene Zustände.

Im Zustand **Unscharf** der Alarmanlage führen Einbruch- und Sabotagemeldungen (z. B. Öffnen eines Fensters) nicht zum Alarm. Ein Alarm wird erst ausgelöst, wenn die Anlage vorher in den Zustand **Scharf** geschaltet wurde.

Es wird unterschieden zwischen dem Scharfschalten bei Anwesenheit und Abwesenheit des Betreibers.

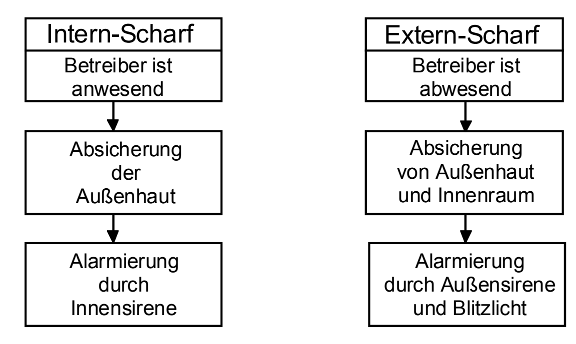


Bild: Extern und Intern Scharf

Intern Scharf

Bei einer Intern Scharf geschalteten Alarmanlage wird nur die äußere Hülle des Objektes überwacht (reine Außenhautsicherung). Der Betreiber befindet sich im Innenraum und löst keinen Alarm aus, solange er nicht die Außenhaut verletzt. Die Melder im Innenraum (z. B. Bewegungsmelder) detektieren zwar seine Bewegungen, es wird jedoch kein Alarm ausgelöst.

Will ein Einbrecher in das gesicherte Objekt eindringen, wird der Betreiber durch einen internen Alarmgeber gewarnt, kann sich schützen und Hilfe rufen.

Extern Scharf

Ist eine Alarmanlage Extern Scharf geschaltet (Betreiber befindet sich nicht im Objekt), werden alle Melder überwacht und lösen bei Bewegungserkennung oder bei Öffnen eines überwachten Kontaktes einen Alarm aus. Bei einem Alarm nach Extern Scharf werden alle externen Alarmgeber aktiviert.

Extern Scharf mit Zeitverzögerung

In der Regel verfügt eine Alarmanlage über einen Schlüsselschalter im Außenbereich, mit dem Extern Scharf und Unscharf geschaltet wird. Soll auf eine externe Schalteinrichtung verzichtet werden, kann auch über eine interne Schalteinrichtung Scharf und Unscharf geschaltet werden. In diesem Fall ist eine Zeitverzögerung an der Alarmzentrale einzustellen, damit der Betreiber den Sicherungsbereich verlassen kann, ohne einen Alarm auszulösen.

Scharf und Unscharf schalten funktioniert in diesem Fall wie folgt:

- Scharf schalten:
  - Der Betreiber aktiviert die Scharfschaltung über eine interne Schalteinrichtung und startet damit die Verzögerungszeit.
  - Er verlässt den Sicherungsbereich, während die Verzögerungszeit abläuft.

    Nach Ablauf der Verzögerungszeit werden von der Alarmzentrale alle Melder abgefragt. Nur wenn sich alle Melder im scharfschaltbereiten Zustand befinden, geht die Alarmanlage in den Zustand Scharf; ansonsten bleibt die Anlage Unscharf. Da sich der Betreiber beim Übergang Unscharf → Scharf bereits im Außenbereich befindet, kann das Scharfschalten z. B. durch ein kurzes Aufleuchten des Blitzlichts signalisiert werden.

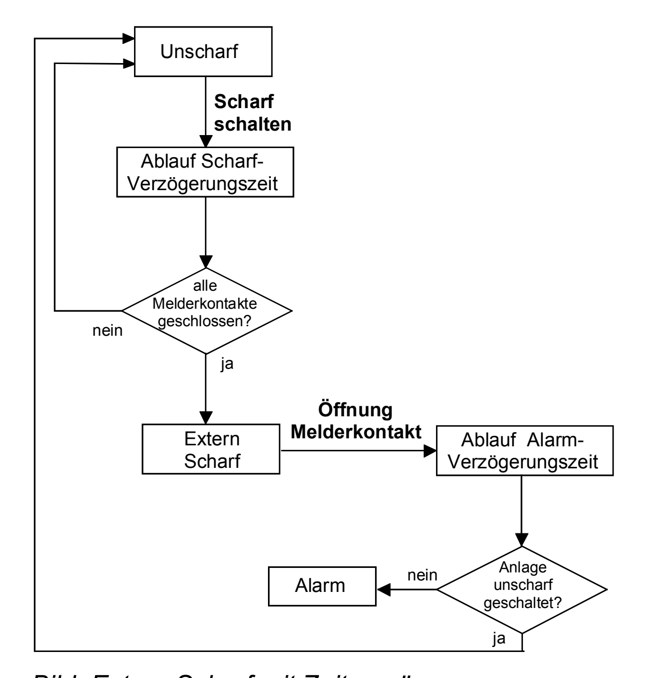


Bild: Extern Scharf mit Zeitverzögerung

- Unscharf schalten:
  - Der Betreiber der Alarmanlage betritt den Sicherungsbereich. Damit wird eine Alarmverzögerung aktiviert.
  - Während dieser Zeit kann die Alarmanlage Unscharf geschaltet werden. Gelingt dies nicht, wird Alarm ausgelöst.
  - Die Alarmverzögerungszeit muss also so groß gewählt werden, dass der Betreiber die Zentrale sicher Unscharf schalten kann, ohne einen Alarm auszulösen.

    Andererseits muss die Alarmverzögerungszeit so klein gewählt werden, dass ein Einbrecher nicht die Zeit hat, gewaltsam in das Objekt einzudringen, die Alarmzentrale zu lokalisieren und außer Betrieb zu setzen, bevor Alarm ausgelöst wird.

8.1.2.3 Zwangsläufigkeit

Bei einer Alarmanlage ist es sehr wichtig, Fehlalarme zu vermeiden, denn jeder Fehlalarm schwächt ein Sicherheitssystem, da es an Glaubwürdigkeit verliert. Außerdem können Fehlalarme Einsatzkosten verursachen, die gegebenenfalls der Betreiber tragen muss.

Die meisten Fehlalarme treten beim Scharf- oder Unscharfschalten von Alarmanlagen auf, wenn z. B. vergessen wird, dass eine Anlage Scharf geschaltet ist und man den gesicherten Bereich betritt.

Zwangsläufigkeiten sind Maßnahmen, die den Betreiber der Alarmanlage zur Einhaltung gewisser Bedienschritte „zwingen".

Bei vielen Alarmanlagen sind folgende Zwangsläufigkeiten eingebaut:

Eine Anlage ist nur **Scharf** zu schalten, wenn alle Melderkontakte geschlossen sind, keine Störung und kein Alarm anliegt. Man sagt auch, die Alarmzentrale befindet sich im scharfschaltbereiten Zustand.

Ein gesichertes Objekt kann nur betreten werden, wenn die Alarmanlage **Unscharf** geschaltet ist. Dazu sind zusätzliche Türverriegelungen (z. B. motorisches Sperrelement) notwendig, die eine Öffnung nur bei unscharfer Alarmanlage zulassen.

Sie sind nicht mit mechanischen Sicherungen gleichzusetzen und besitzen daher auch nicht unbedingt die entsprechende mechanische Festigkeit.

Ein Alarm durch versehentliches Betreten eines scharfgeschalteten Bereiches ist somit ausgeschlossen.

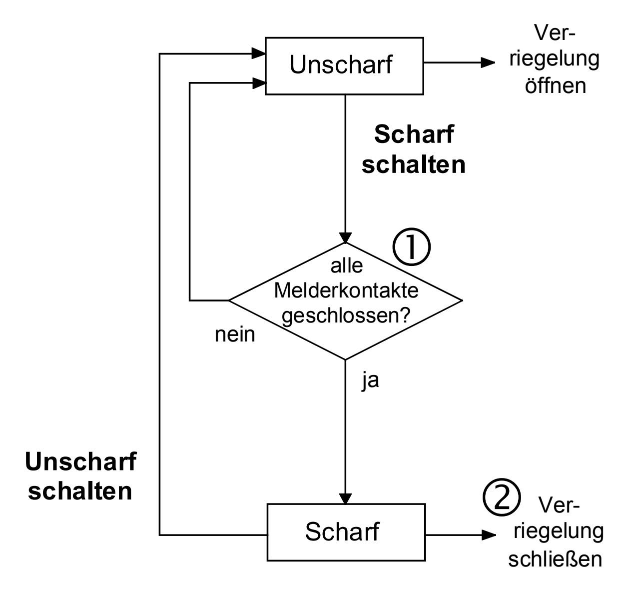


Bild: Zwangsläufigkeit

8.1.2.4 Melder und Meldergruppen

„Melder“ ist die Sammelbezeichnung für die Geräte, die einen Teil eines Objekts überwachen und einen Einbruch oder Einbruchversuch an eine Alarmzentrale melden.

Melder sind im allgemeinen zusammengefasst zu Meldergruppen. Bei verdrahteten Systemen sind die Melder in Meldelinien in Serie geschaltet.

Die am häufigsten eingesetzten Melder sind:

- Magnetkontakt,
- Glasbruchmelder und
- Bewegungsmelder.

Weitere wichtige Melder für die Sicherheit des Betreibers sind Rauchmelder und Überfalltaster.

8.1.2.5 Örtliche Alarmgeber

„Örtliche Alarmgeber“ sind Geräte, die bei einer Alarmauslösung die anonyme Öffentlichkeit durch optische (Blitzlicht) oder akustische (Sirene) Signaleinrichtungen informieren.

8.1.2.6 Fernalarm

Soll in einem Alarmfall die Alarmmeldung an einen Sicherheitsdienst oder eine Privatperson weitergeleitet werden, muss die Meldung mit einem Übertragungsgerät (ÜG) über Telefonleitung oder ein Funknetz übertragen werden. Diese Art der Alarmierung wird mit „Fernalarm“ bezeichnet.

Ein Fernalarm bietet folgende Vorteile:

- Wird der Betreiber überfallen, kann die aufheulende Sirene den Einbrecher zu unüberlegten Taten reizen. Mit einem Fernalarm kann beim Überfallalarm auf die örtlichen Alarmgeber verzichtet werden. Es wird Hilfe geholt, ohne sich selbst in Gefahr zu bringen.
- Der Einbrecher wird nicht zur Eile gedrängt. Der eintreffende Sicherheitsdienst oder die Polizei hat die Möglichkeit, den Einbrecher zu stellen.
- Der Fernalarm hat eine größere Sabotagesicherheit. Blitzlicht und Außensirene befinden sich im Außenbereich und können sabotiert werden, bevor ein Alarm ausgelöst wird. Das ÜG befindet sich im Innenraum. Der Einbrecher kann dies erst sabotieren, wenn er im Objekt ist und der Alarm schon abgesetzt wurde.

Kann ein Fernalarm nicht abgesetzt werden, weil das Übertragungsgerät (ÜG) oder die Telefonleitung gestört ist, sollten automatisch die örtlichen Alarmgeber aktiviert werden.

8.2 Komponenten von Alarmsystemen

Zu einem Alarmsystem gehören immer:

- Alarmzentrale + Anzeige,
- Melder,
- Schalteinrichtung und
- Alarmgeber.

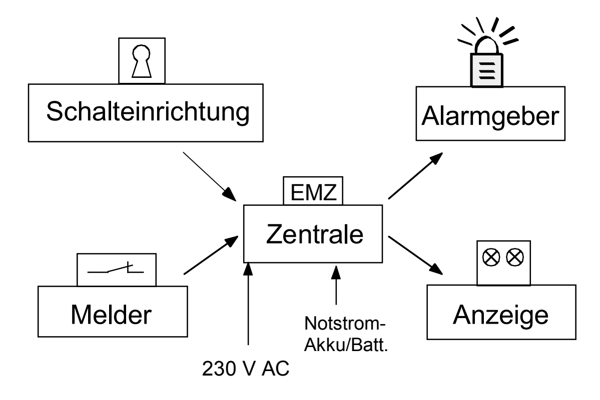


Bild: Alarmzentrale mit Komponenten

Zusätzlich können noch andere Komponenten in das Alarmsystems eingebunden werden.

8.2.1 Alarmzentrale



Die Alarmzentrale (Einbruchmeldezentrale, EMZ) ist der wichtigste Teil, das Gehirn eines Alarmsystems. Sie erfüllt folgende Aufgaben:

- Auswertung der Signale der Alarmmelder.
  Alle Melder haben die Aufgabe, einen Bereich zu überwachen: Bewegungsmelder einen Raumbereich, Magnetkontakte eine Tür oder ein Fenster. Erkennt ein Bewegungsmelder Bewegung oder wird ein überwachtes Fenster geöffnet, wird dies umgehend an die Alarmzentrale gemeldet. Die Zentrale hat die Aufgabe, je nach Anlagenzustand, einen Alarm auszulösen oder eine Anzeige anzusteuern.
- Manipulationserkennung an Zentrale, Meldern und Alarmgebern (Sabotage).
  Damit jegliche Manipulation an Zentrale und Melder erkannt wird, sind diese mit Sabotagekontakten ausgerüstet. Gelangt eine Sabotagemeldung an die Zentrale, wird im unscharfen Zustand der Alarmanlage eine Störung abgesetzt und im scharfen Zustand ein Alarm ausgelöst.
- Ansteuerung Alarmgeber (Außensirene, Innensirene, Blitzlicht).
  Kommt es zu einem Alarm, liegt es an der Zentrale, die Signalgeber anzusteuern. Optische Signalgeber werden bis zur Unscharfschaltung angesteuert. Akustische Signalgeber dürfen nur eine begrenzte Zeit angesteuert werden, damit keine Lärmbelästigung entsteht. Die maximale Ansteuerung der akustischen Signalgeber können beim örtlichen Ordnungsamt erfragt werden.
- Meldungen über Telefonleitung weitergeben.
  Zusätzlich zu den örtlichen Signalgebern kann über Telefonleitung ein Fernalarm aktiviert werden. Dazu ist ein Übertragungsgerät notwendig welches von der Alarmzentrale angesteuert wird.
- Überwachung der Energieversorgung.
  Die Alarmzentrale wird in der Regel aus dem 230-V-Versorgungsnetz mit Spannung versorgt. Fällt diese Spannung aus, muss eine Notstromversorgung den Betrieb der Alarmanlage aufrecht erhalten. Wird ein Akku als Notstromversorgung eingesetzt, muss dieser über die Zentrale geladen und ein Ausfall vom Akku gemeldet werden.

Montageort

Die Alarmzentrale ist der Mittelpunkt und das sensibelste Element des gesamten Alarmsystems. Daher ist es wichtig, die Zentrale möglichst versteckt **im** Überwachungsbereich unterzubringen. Es sollten auf jeden Fall Orte vermieden werden, die von außen einzusehen sind, damit dem Einbrecher keine Möglichkeit gegeben wird, sich auf die Alarmanlage einzustellen.

Notstromversorgung

Ein sicherer Betrieb muss auch bei Netzspannungsausfall gewährleistet sein. Daher wird eine Notstromversorgung in der Alarmzentrale benötigt. In den meisten Fällen bietet sich hier eine Sekundärbatterie (Akkumulator) an. Bei Ausfall der Netzspannung übernimmt die Notstrombatterie sofort die Spannungsversorgung von Zentrale und den Meldern, die über die Zentrale versorgt werden. Schaltet sich die Netzspannung wieder zu, wird die Notstrombatterie nachgeladen und kann beim nächsten Stromausfall wieder die volle Kapazität liefern.

Für kleinere Alarmzentralen kann auch eine Primärbatterie (nicht wiederaufladbar) sinnvoll sein. Durch ihre hohe Energiedichte kann trotz geringer Abmessungen ein längerer Netzausfall überbrückt werden.

8.2.2 Melder

Melder überwachen Türen, Fenster oder Raumbereiche und melden entsprechende Ereignisse an die Alarmzentrale. Es finden unterschiedlichste Technologien Verwendung. Ein Melder kann die Meldung selbst initiieren (üblich bei Funk- oder Bussystem) oder abgefragt werden. Viele Melder besitzen Schließer- oder Öffnerkontakte, die in Meldelinien zusammengefasst mit der Alarmzentrale verbunden werden.

Magnetkontakt

Magnetkontakte dienen der Öffnungsüberwachung von Türen und Fenstern. Wegen ihrer einfachen Montage und nahezu absoluten Funktionssicherheit werden sie besonders häufig eingesetzt.

Der Magnetkontakt besteht aus zwei Einheiten, dem Reedkontakt und einem Dauermagnet. Der Reedkontakt wird mit der Anschlussleitung in die Alarmlinie integriert. Ist der Dauermagnet mehr als 20 mm (typischer Wert) vom Reedkontakt entfernt, ist der interne Schließer im geöffneten Ruhezustand.

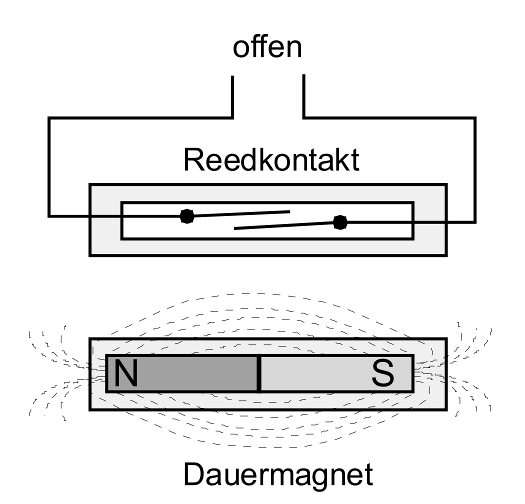


Bild: Magnetkontakt geöffnet

Bei Annäherung des Magneten an den Reedkontakt wird durch den Einfluss des Magnetfeldes der Kontakt geschlossen (Betriebszustand).

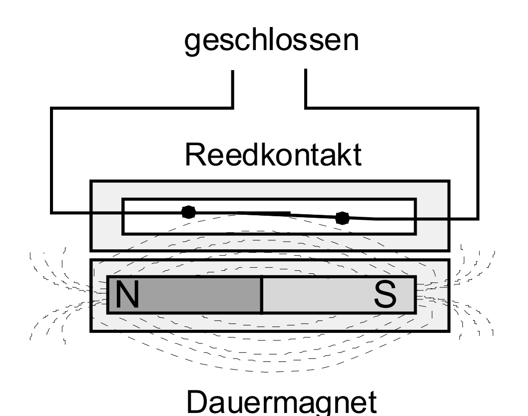


Bild: Magnetkontakt geschlossen

Passiver Glasbruchmelder

Glasbruchmelder werden zur Durchbruchüberwachung von Glasscheiben eingesetzt. Bei Glasbruchmeldern gibt es unterschiedliche Technologien. Piezoelemente nehmen die Schwingungen von brechendem Glas auf und betätigen einen elektronischen Schalter. Die Anschlussleitung wird in die Meldelinie der Alarmanlage eingefügt.

Alarm-Bewegungsmelder

Die Aufgabe von Alarm-Bewegungsmeldern ist die Überwachung eines Raumbereichs. Bewegt sich eine Person in diesem Raumbereich, wird dies der Zentrale gemeldet. Im scharfen Zustand löst die Anlage einen Alarm aus.

Meist werden heute Passiv-Infrarot-Bewegungsmelder (PIR) eingesetzt. Diese erkennen eine Wärmebewegung, ausgelöst durch Personen, Tiere oder Gegenstände. Im Gegensatz zu „normalen" Außen-Bewegungsmeldern besitzen Alarm-Bewegungsmelder keinen Helligkeitssensor und melden deshalb erkannte Bewegungen auch tagsüber. Weitere Unterschiede sind Sabotagesicherheit, Versorgungsspannung und Auswerteempfindlichkeit.

Über ein Linsensystem (Fresnel-Linse) wird ein Raumbereich überwacht. Das Linsensystem bewirkt eine Aufteilung des Raumbereiches in einzelne Segmente, angeordnet in mehrere Ebenen. Eine Detektion erfolgt nur dann, wenn eine Wärmebewegung zwischen den einzelnen Schaltsegmenten erfolgt. Eine sichere Erfassung wird also gewährleistet, wenn so viele Schaltsegmente wie möglich durchschritten werden. Das wird gewährleistet, wenn die Bewegungsrichtungen von Personen im Raum quer zum Bewegungsmelder erfolgen und nicht in Richtung des Melders.

Der Alarm-Bewegungsmelder sollte so installiert werden, dass ein Einbrecher durch die Laufrichtung gezwungen wird, am Bewegungsmelder vorbei zu gehen und nicht direkt auf den Bewegungsmelder zu. Geht eine Person direkt auf den Alarm-Bewegungsmelder zu, kann diese unter Umständen erst sehr spät erkannt werden, da die Person die Schaltsegmente nicht durchschreitet.

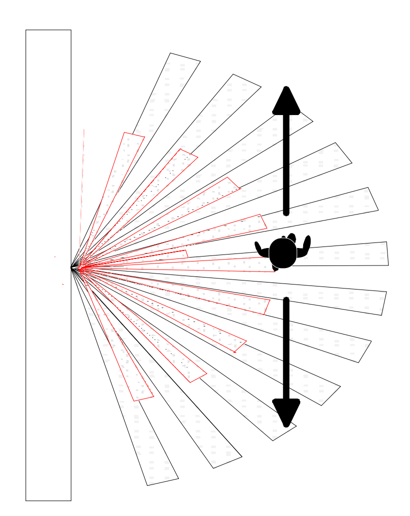


Bild: Bewegungsrichtung beim Bewegungsmelder

Wirkt sich eine Wärmeänderung langsam und gleichzeitig auf alle Schaltsegmente aus, z. B. bei Erhöhung der Raumtemperatur, erfolgt keine Alarmauslösung.

Der Bewegungsmelder darf nicht auf Heiz- oder Klimageräte, Fenster und Bereiche mit starken Luftbewegungen ausgerichtet werden. Durch Temperaturunterschiede in diesen Bereichen kann ein Alarm ausgelöst werden.

Automatisch geschaltete Leuchten innerhalb eines gesicherten Bereichs (Anwesenheitssimulation) müssen sich außerhalb des Erfassungsbereichs von Bewegungsmeldern befinden, damit kein Alarm ausgelöst wird (Wärmeänderung).

Das Erfassungsfeld sollte nicht durch Möbel, Säulen etc. eingeschränkt werden, da diese Bereiche tote Zonen bilden, in denen ein Einbrecher nicht erfasst wird.

Der Bewegungsmelder ist vibrationsfrei zu montieren, da durch Sensorbewegungen auch eine Alarmauslösung erfolgen kann.

Überfallmelder

Überfallmelder werden in verschiedenen Bauformen angeboten – z. B. in Form von normalen Installationstastern in auffälligem oder unauffälligem Design, als Griff- oder als Trittleisten. Technisch gesehen handelt es sich um einfache Öffner-Taster, die vom Benutzer manuell betätigt werden.

Bei der Planung von Überfallmeldern muss nicht nur überlegt werden, wann, wie und wo ein Alarm ausgelöst werden soll, sondern auch, in welcher Lage sich eine Person wahrscheinlich befindet, wenn sie den Alarm auslösen will: Wird die Person bedroht – unter Ankündigung von Waffen- oder körperlicher Gewalt –, kann die Alarmauslösung mit hohem persönlichen Risiko verbunden sein. Dieser Gesichtspunkt muss gleichermaßen bei der Wahl der Alarmgeber bedacht werden (z. B. stiller Alarm).

Da Überfälle typischerweise dann stattfinden, wenn sich jemand im Objekt befindet, und eine Alarmanlage dann Unscharf geschaltet ist, muss ein Überfallalarm in jedem Fall – unabhängig vom Anlagenzustand – weitergegeben werden.

Rauchmelder

Rauchmelder arbeiten nach einem optischen Prinzip: In der Messkammer des Geräts werden regelmäßig Lichtstrahlen ausgesendet, die im Normalzustand nicht auf das Empfängerelement gelangen. Bei Eintritt von Rauch in die Messkammer werden die Lichtstrahlen gestreut und auf das Empfängerelement gelenkt.

Rauchmelder, die in eine Alarmanlage integriert werden sollen, müssen neben dem akustischen Alarm auch einen Öffner- (oder Wechslerkontakt) besitzen. Ein Feueralarm sollte unabhängig vom Anlagenzustand (Scharf/Unscharf/Störung) weitergeleitet werden.

8.2.3 Alarmgeber

Aufgabe von Alarmgebern ist die Alarmierung bei Einbruch, Überfall oder Feuer. Für diese Aufgaben werden Außensirene, Blitzlicht, Innensirene und Übertragungsgerät verwendet. All diese Geräte gibt es in verschieden Ausführungsformen und Varianten.

Außen-Alarmgeber

Alle akustischen Signalgeber (Sirenen) müssen in der Alarmierungsdauer beschränkt werden, um keine Lärmbelästigung zu verursachen. Die örtlichen Ordnungsämter informieren über die maximale Alarmdauer. In der Regel sind es 180 Sekunden.

Außensirene und Blitzlicht sind für die Außenmontage vorgesehen und bieten daher besondere Maßnahmen gegen Sabotage (Abreißschutz, Öffnungsschutz). Außensirene und Blitzlicht sollten so am Haus angebracht werden, dass sie zwar sehr gut sichtbar, aber schlecht erreichbar sind. Der beste Ort ist weit oben an der Hauswand, außerhalb des Handbereiches (höher 3 m).

Sie sollten über Feuerleitern, Balkone, Fenster nicht erreichbar sein, sonst ergeben sich für einen Einbrecher einfache Möglichkeiten, die Sirene zu sabotieren, indem er

- die Sirene abschlägt. Er erzeugt so zwar einen Alarm, macht jedoch auch den Geber unschädlich, der den Alarm anzeigt.
- die Sirene mit PU-Schaum aussprüht um die Lautstärke fast auf Null herabzusetzen.
- die Sirene mit Blitzlicht zudeckt oder abschattet und die Wirkung der Alarmgeber stark dämpft.

Akustische Signale sollten außerdem von der Nachbarschaft gut wahrgenommen werden können.

Interne Alarmgeber

Innensirene und Übertragungsgerät befinden sich im Innenbereich und benötigen daher nur einen einfachen Sabotageschutz. Wichtiger ist es hier, dass die Innensirene in allen Räumen, die häufiger Aufenthaltsort sind (Schlafzimmer, Küche...), gehört wird, auch wenn laute Umgebungsgeräusche vorhanden sind. Ist das mit nur einer Innensirene nicht möglich, können mehrere zum Einsatz kommen.

Das Übertragungsgerät sollte immer an der Haupt-Telefondose angeschlossen werden, damit eine Vorrangschaltung realisiert werden kann. Damit werden im Alarmfall alle z. Zt. geführten Telefonate beendet und ein Fernalarm abgesetzt.

8.2.4 Schalteinrichtungen

Zu den Aufgaben einer Schalteinrichtung (SE) gehören die folgenden Aufgaben:

- Berechtigungsprüfung einer Person,
- bewusste Willensbekundung, ob Scharf- oder Unscharf geschaltet werden soll,
- optionale Statusabfrage.

Es gibt verschiedene Arten von Schalteinrichtungen, um eine Alarmanlage von außen Scharf oder Unscharf zu schalten.

Die Schalteinrichtungen werden in drei Gruppen nach Art der Berechtigungsprüfung unterteilt:

- Schlüssel, Transponder oder Chipkarte sind physikalisch ausgeführte Geräte, die die zur Identifikation notwendigen Informationen enthalten („materieller Identifikationsmerkmalträger“)
- Zahlen-, Zeichen- oder Buchstabenfolgen, die im Gedächtnis des Benutzers vorhanden sind (z. B. Code Tastatur), zählen zu den „geistigen Identifikationsmerkmalträgern“.
- Personenbezogene Merkmale (z. B. Fingerabdruck, Augenhintergrund oder Stimme) können ebenfalls als Identifikationsträger dienen („biologische Identifikationsmerkmalträger“ oder auch „Biometrie“).

Schlüsselschalter

Die am häufigsten genutzte Schalteinrichtung ist der Schlüsselschalter. Im Außenbereich neben der Eingangstür angebracht, wird vor dem Betreten des Sicherungsbereiches die Alarmanlage Unscharf und nach dem Verlassen des Bereiches Scharf geschaltet. Es gibt den Schlüsselschalter in sehr vielen Ausführungen, Varianten und Sicherheitsklassen.

Eine Schwachstelle ist die Anschlussleitung zur Zentrale. Diese sollte deshalb in jedem Fall direkt hinter dem Schlüsselschalter durch die Wand in den gesicherten Innenbereich gehen, damit nicht die Möglichkeit besteht, durch Kurzschließen von Anschlussleitungen die Alarmzentrale Unscharf zu schalten.

Schlüsselschalter können sabotiert werden, indem man sie gewaltsam öffnet, anbohrt oder von der Wand abreißt. Deshalb besitzt ein Schlüsselschalter eigene Sicherungsmechanismen in Form von Sabotagekontakt (öffnet bei Demontage) und Sabotageschleife (wird bei Anbohren beschädigt). Diese werden in die Sabotagelinie einbezogen, so dass bei einem Sabotageversuch ein Alarm ausgelöst wird.

Transponder-Schalteinrichtung

Transponder sind sehr kleine elektronische Schaltkreise mit einer Sende- und Empfangsantenne, die zur Energie- und Datenübertragung genutzt wird. Mit Transpondern ist eine berührungslose Berechtigungsprüfung möglich.

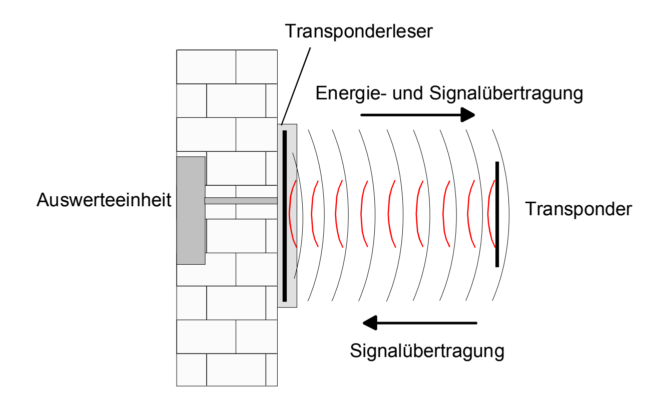


Bild: Prinzip Transponder

Der Transponderleser arbeitet nach dem Trafoprinzip und erzeugt über eine Spule ein elektromagnetisches Wechselfeld. Wird ein Transponder in den Empfangsbereich eines Transponderlesers gehalten, nimmt er mit einer Spule Energie aus dem Feld auf. Damit kann der Transponder seine gespeicherten Daten an den Leser übertragen.

Es gibt eine Vielzahl von Transpondersystemen. Diese Systeme arbeiten mit verschiedenen Frequenzen, Transponderarten und Verschlüsselungsmethoden. Die Arbeitsweise ist jedoch immer ähnlich.

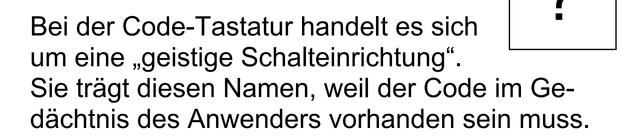
Ein Transpondersystem für Alarmanlagen besteht aus drei Teilen:

- Der **Transponder** enthält die Daten zur Berechtigungsprüfung.
- Der **Transponderleser** dient zum Auslesen der Transponderdaten.
- Die **Auswerteeinheit** empfängt die Daten vom Transponderleser, prüft ob Berechtigung vorliegt und gibt einen Schaltbefehl an die Alarmzentrale weiter.

Ein Transpondersystem bietet gegenüber einem Schlüsselschalter einige Vorteile:

- Transponder bieten durch Kodierung und Übertragung dieser Daten fast unbegrenzte Kombinationsmöglichkeiten und sind daher sehr fälschungssicher.
- Erhöhter Sabotageschutz: Die Berechtigungsprüfung des Transponders erfolgt in der Auswerteeinheit im Innenbereich. Der Transponderleser überträgt nur die Transponderdaten zur Auswerteeinheit. Somit ist die Sabotage des Lesers sinnlos.
- Ein verlorengegangener Transponder kann gelöscht werden und ist für dieses System nicht mehr gültig. Es braucht also kein neues „Schloss“ (= neuer Leser) eingesetzt werden.
- Durch die kontaktlose Übertragung erfolgt keine Abnutzung oder Verschleiß.

Code-Tastatur



Bei der Code-Tastatur handelt es sich um eine „geistige Schalteinrichtung“.
Sie trägt diesen Namen, weil der Code im Gedächtnis des Anwenders vorhanden sein muss.

Die Code-Tastatur hat durch die abgesetzte Bedieneinheit die gleiche erhöhte Sabotagesicherheit wie das Transpondersystem.

Blockschloss

Ein Blockschloss wird statt des herkömmlichen Riegelschlosses in die Haus- oder Wohnungstür eingesetzt. Die Bedienung erfolgt über einen herkömmlichen Schließzylinder.

Der große Vorteil des Blockschlosses liegt darin, dass über **ein** Schloss die Tür geöffnet oder geschlossen und gleichzeitig die Alarmanlage Scharf oder Unscharf geschaltet wird.

Das einmalige Umlegen des Schließriegels bewirkt ein mechanisches Abschließen der Tür. Das zweite Umlegen des Schließriegels schaltet die Alarmzentrale Scharf. Dazu ist aber die Freigabe der Alarmzentrale notwendig, die belegt, dass alle Melder im scharfschaltbereiten Zustand sind. Liegt diese Freigabe vor, wird im Blockschloss eine Spule bestromt, die das zweite Umlegen des Schließriegels ermöglicht. Hat die Alarmanlage noch keine Freigabe zum Scharf schalten, weil z. B. ein Fenster noch geöffnet ist, wird das zweite Umlegen des Schlüssels mechanisch blockiert.

Entsprechend wird beim Aufschließen der Tür die Alarmanlage Unscharf geschaltet.

8.2.5 Komponenten zur Erfüllung der Zwangsläufigkeit

Zwangsläufigkeit beinhaltet in erster Linie Schutz vor Fehlbedienung und anschließendem Fehlalarm (Betreten der Wohnung ohne Unscharf zu schalten). Komponenten hierfür sind nicht gleichzusetzen mit mechanischen Sicherungen und besitzen daher auch nicht zwangsläufig deren mechanische Stabilität.

Motorisches Sperrelement

Das motorische Sperrelement verhindert ein Öffnen der Tür bei Scharf geschalteter Alarmanlage. Es wird in den Türrahmen installiert und fährt bei Scharfschalten den internen Riegel motorisch in das Türblatt. Im Türblatt wird dazu ein Gegenstück montiert.

Das motorische Sperrelement ist für Objekte geeignet, die mehrere Zugangstüren besitzen. Bei Scharf geschalteter Alarmzentrale sind alle Türen verriegelt; ein Betreten ist erst nach Unscharf schalten möglich.

Impuls-Türöffner

Impuls-Türöffner werden in den Türrahmen eingesetzt. Im Türblatt wird als Gegenstück eine zusätzliche Schließfalle installiert. Hiermit kann gleichzeitig eine Zutrittkontrolle (z. B. Trennung von öffentlichen und nicht-öffentlichen Bereiche in Banken, Krankenhäusern etc.) realisiert werden.

Impuls-Türöffner besitzen zwei stabile Zustände. Beim Scharfschalten der Alarmzentrale geht der Türöffner in den Sperrzustand. Versehentliches Öffnen der Tür ist dann nicht mehr möglich. Unscharf schalten der Alarmzentrale hebt den Sperrzustand auf und die Tür lässt sich wieder öffnen.

Wie das motorische Sperrelement ist der Impuls-Türöffner für Objekte geeignet, die mehrere Zugangstüren besitzen.

Riegelschaltkontakt

Der Riegelschaltkontakt (auch: Schließblechkontakt) ermöglicht eine Verschlussüberwachung. Er wird so im Schließblech der Außentür befestigt, dass beim Zuschließen der Türriegel gegen den Mikroschalter des Riegelschaltkontaktes drückt und so anzeigt, ob die Tür abgeschlossen wurde. Nur dann kann die Alarmzentrale scharfgeschaltet werden.

Der Riegelschaltkontakt sollte **nicht** zum Scharf- und Unscharfschalten von Alarmanlagen verwendet werden, da ein Aufbrechen der Tür die Alarmanlagen Unscharf schalten könnte.

Blockschloss

Das Blockschloss beinhaltet – neben Türverriegelung und Scharf-/Unscharfschaltung – auch alle Komponenten der Zwangsläufigkeit in einem Gerät.

Es benötigt zum einen die Meldung von der Zentrale, dass alle Melder geschlossen sind. Zum anderen kann der Sicherungsbereich erst betreten werden, wenn über das Blockschloss Unscharf geschaltet worden ist.

8.3 Verdrahtete Alarmzentrale

Alle Alarmsysteme haben das Ziel, einen Einbruchversuch sicher und schnell zu erkennen und anzuzeigen. Am häufigsten wird dabei die verdrahtete Alarmtechnik eingesetzt, bei der alle Komponenten über Draht mit der Alarmzentrale verbunden sind.

Die verdrahtete Alarmzentrale ist für einfache Anwendungen (kleine Objekte, Wohnungen) entwickelt worden. Die Installation erfolgt mit einfachen Mitteln ohne Programmieraufwand. Folgende Leistungsmerkmale zeichnen diese Alarmanlage aus:

- Alle Melder, Geber und Schalteinrichtungen werden mit der Alarmzentrale verbunden.
- Interne Alarmierung durch den integrierten Summer.
- Die Scharfschaltung (INTERN / EXTERN) erfolgt über einen integrierten Schlüsselschalter. Zusätzlich kann über eine externe Schalteinrichtung (z. B. Schlüsselschalter) „Extern Scharf“ geschaltet werden.

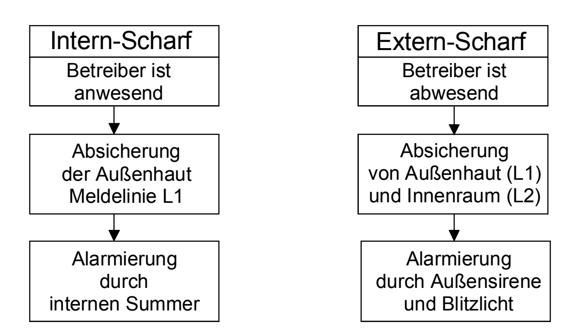


Bild: Intern Scharf und Extern Scharf

- Anschlüsse für Außensirene, Blitzlicht, externe Statusanzeige und Alarm-Weiterschaltung (Übertragungsgerät).
- Die Scharf- und Alarm-Verzögerungszeit ist von 0 bis 60 Sek. einstellbar.
- Die Alarmdauer der externen Sirene ist von 0 bis 180 Sek. einstellbar.
- Jede Meldelinie hat eine „eigene“ LED (Meldelinie ist geöffnet ⇒ LED ist an).
- 4 Meldelinien, Mikrocontroller-gesteuert.
- Versorgung auch mit 12 V DC (Bordnetzbetrieb in Wohnmobilen oder Booten).

8.3.1 Meldelinien

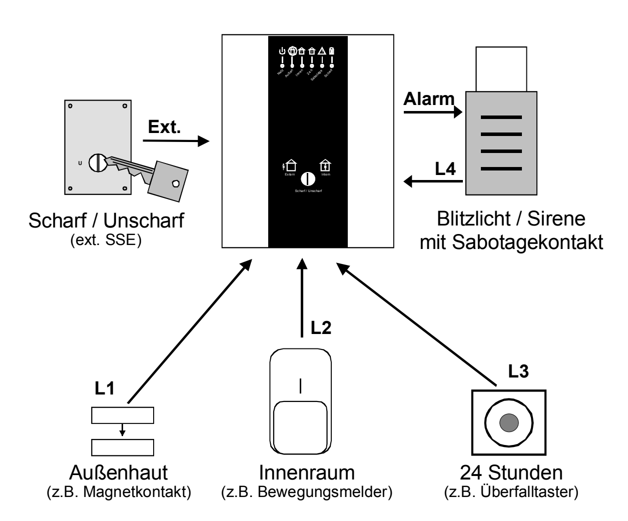


Bild: Verdrahtete Alarmzentrale mit externen Komponenten

Die an die Alarmzentrale angeschlossenen Melder können in eine von vier Meldelinien integriert werden:

- Meldelinie L1 ist für die Außenhautsicherung vorgesehen. In diese Linie sollten alle Melder integriert werden, die die äußere Hülle des Objektes schützen. Meist sind dies Magnetkontakte und Glasbruchmelder.
- Alle Innenraummelder werden an die Meldelinie L2 angeschlossen. Beim Zustand Intern Scharf bleiben die Melder dieser Meldelinie unberücksichtigt. Für die Innenraumsicherung können z. B. Alarm-Bewegungsmelder oder Magnetkontakte eingesetzt werden.
- Meldelinie L3 ist die „24-Stunden-Linie“. Meldungen lösen immer – unabhängig vom Zustand der Alarmanlage – einen Alarm aus. Überfall- und Rauchmelder sind hier die gebräuchlichsten Melder.
- Die Meldelinie L4 ist die Sabotagelinie. Ein Ansprechen im Zustand Unscharf zeigt eine Störungsmeldung an (LED Sabotage blinkt). Diese muss erst beseitigt werden, bevor die Alarmanlage Scharf geschaltet werden kann. Das Öffnen eines Sabotagekontaktes im Zustand Scharf löst einen Alarm aus.

  In die Sabotagelinie sollten alle Sabotagekontakte von den externen Geräten (Schlüsselschalter, Außensirene, Blitzlicht) eingefügt werden. Wenn vorhanden, können die Sabotagekontakte der internen Signalgeber und Alarm-Bewegungsmelder mit in die Sabotagelinie eingefügt werden.

Damit können Manipulationen an diesen Geräten erkannt und behoben werden. Die Sabotage-Linie arbeitet ohne Abschluss-Widerstand.

Prinzip der Meldelinien

Die verdrahtete Alarmzentrale arbeitet nach dem Prinzip der Widerstandsüberwachung der Meldelinien. Jede Meldelinie beginnt und endet an der Alarmzentrale. Alle Melder werden mit ihrem Öffnerkontakt in die Meldelinie integriert. Über einen Spannungsteiler wird ein Öffnen einer Linie erkannt und über LED angezeigt.

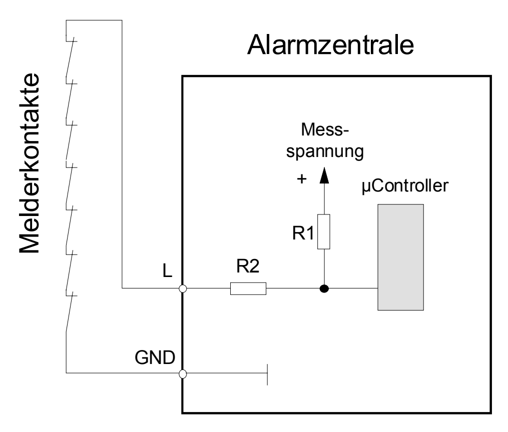


Bild: Meldelinie nach dem Spannungsteilerprinzip

Der Widerstand R1 ist hochohmiger als der Widerstand R2 und der Widerstand der Meldekontakte. Der Eingang des Mikrocontrollers liegt daher bei geschlossener Meldelinie nahezu auf Massepotential. Bei Öffnen der Meldelinie steigt das Potential am Controller-Eingang auf das der Mess-spannung. Der Eingang vom Controller wird somit angesteuert und die Öffnung der Meldelinie erkannt.

Eine geöffnete Meldelinie wird erkannt, wenn:

- ein Kontakt der Meldelinie geöffnet wird,
- die Meldelinie an beliebiger Stelle unterbrochen wird oder
- zu viele Melder mit hohen Widerstandswerten (max. 4 kΩ für die Gesamtlinie) an der Meldelinie angeschlossen sind.

8.3.2 Zustandsanzeige der Alarmzentrale

Der Zustand der Alarnzentrale wird mit sechs LEDs angezeigt.

- Die LED „Netz“ zeigt im normalen Betrieb Dauerlicht. Im Notstrombetrieb blinkt die LED.
- Die LED „Scharf“ leuchtet, wenn die Anlage Intern Scharf geschaltet ist.
- Wird die Anlage Extern Scharf geschaltet, verlöschen alle LED.
- Die Reaktion auf das Öffnen einer Meldelinie ist abhängig vom Anlagenzustand:

Meldelinie	Unscharf	Extern-Scharf	Intern-Scharf
L1 „Außen“	LED ein	Alarm	Alarm
L2 „Innen“	LED ein	Alarm	LED ein
L3 „24 h“	Alarm	Alarm	Alarm
L4 „Sabotage“	Störung	Alarm	Alarm

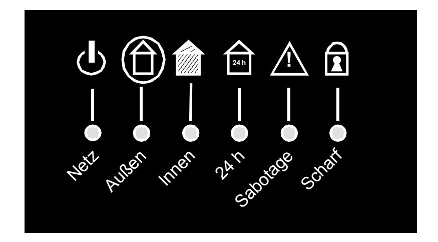


Bild: LED-Anzeige der Zentrale

8.3.3 Bedienung der Zentrale

Der integrierte Schlüsselschalter ist das zentrale Bedienelement. Er ermöglicht Externe und Interne Scharfschaltung sowie Rücksetzen der Anlage nach Alarm oder Störung.

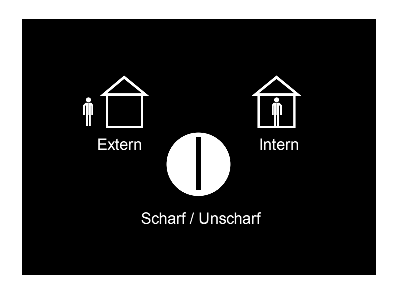


Bild: Integrierter Schlüsselschalter

Der integrierte Schlüsselschalter ist immer in Mittelstellung (Grundstellung) zurückzudrehen. Nur in dieser Stellung kann der Schlüssel abgezogen werden.

Ein Umschalten von Extern nach Intern Scharf oder umgekehrt ist nicht möglich. Es muss immer über Unscharf geschaltet werden.

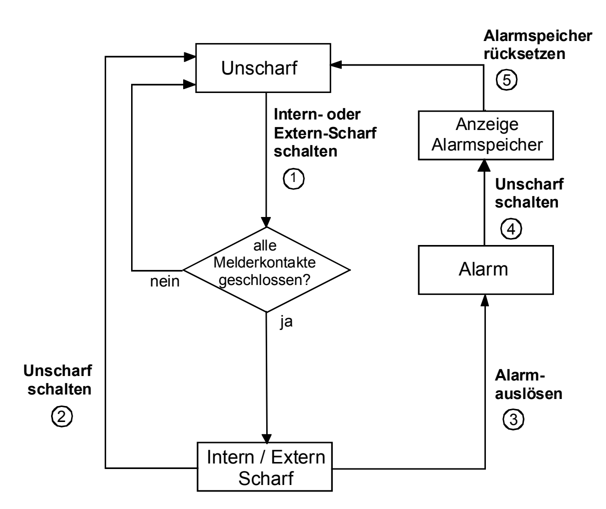


Bild: Bedienung der Zentrale

1. Durch Drehen des Schalters nach links wird die Anlage Extern Scharf und nach rechts Intern Scharf geschaltet (Verzögerungszeit abwarten, wenn eingestellt). Hierfür müssen alle relevanten Melderkontakte geschlossen sein. Bei Intern Scharf werden die Außenhautmelder abgefragt, bei Extern Scharf alle Melder.
2. Unscharf schalten der Alarmanlage erfolgt durch Drehen des Schlüsselschalters nach rechts oder links.
3. Öffnen eines Meldekontaktes bei Scharf geschalteter Alarmanlage löst Alarm aus. Ein Überfall- oder Feueralarm löst auch bei unscharfer Anlage Alarm aus.
4. Aus dem Alarmzustand muss zuerst Unscharf geschaltet werden. Die Signalgeber verstummen und die LED der auslösenden Meldelinie wird angesteuert, damit die Ursache des Alarms herausgefunden werden kann.
5. Ein Drehen des Schlüsselschalters nach links oder rechts für mehr als 10 Sekunden bewirkt ein Rücksetzen des Alarmspeichers.

Externer Schlüsselschalter

Über einen externen Schlüsselschalter kann nur Extern Scharf und Unscharf geschaltet werden.

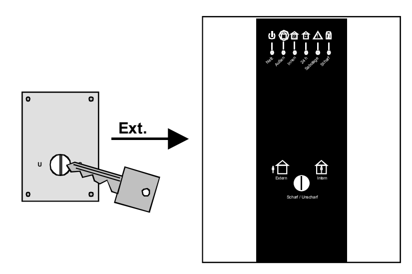


Bild: Externer Schlüsselschalter

8.3.4 Ausgänge der Alarmzentrale

Zum Ansteuern von Sirene, Blitz, Übertragungsgerät (ÜG) und Summer (bzw. LED-Anzeige) stehen vier Ausgänge zur Verfügung.

Klemme	Belastung Ausgang Ges.strom max. 1 A	Anschluss	Ansteuerung
Status	max. 10mA	LED, Summer	Scharf: 2 x 1s Unscharf: 3s
Alarm	max. 10mA	ÜG, Alarm-LED	bei Alarm
Blitz	max. 1A	Blitzleuchte	bei Alarm
Sirene	max. 1A	Außen-sirene	bei Alarm max. 180s

Als Alarmgeber können an der Alarmzentrale eine Außensirene und ein Blitzlicht angeschlossen werden.

Der Gesamtstrom aller Ausgänge darf nicht mehr als 1 A betragen, da sonst die Sicherung anspricht. Der Status- und Alarmausgang darf höchstens mit 10 mA belastet werden. Wird mehr Strom entnommen, verhindert ein Überlastschutz eine Beschädigung.

Das Blitzlicht signalisiert einen Alarm und wird erst beim Unscharf schalten zurückgesetzt. Es kann auch zur Quittierung der Scharf- und Unscharfschaltung eingesetzt werden (Einstellung über Steckbrücke J1). Es wird nach dem Scharf und Unscharf schalten angesteuert, damit der Betreiber von außen eine optische Bestätigung bekommt.

Der Alarmausgang kann mit dem Eingang eines Telefonwählgerätes (ÜG) verdrahtet werden. Die Versorgung (DC 12 V) des ÜG kann die Alarmzentrale übernehmen.

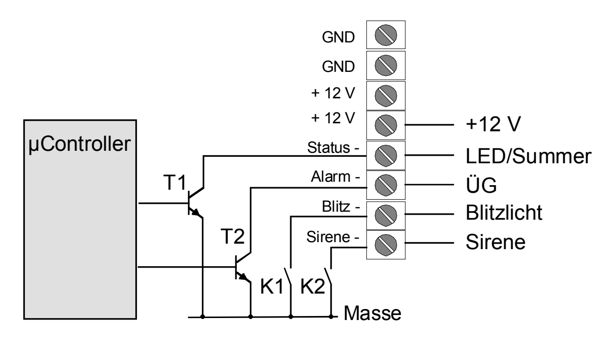


Bild: Prinzip-Innenschaltung der Ausgänge

Die Ausgänge Blitz und Sirene werden über einen Relaiskontakt gegen Masse geschaltet. Bei den Signalausgängen Status und Alarm handelt es sich um Open-Kollektor-Ausgänge. Die Transistoren werden direkt vom Mikrocontroller angesteuert. Bei Ansteuerung des Transistors wird der Kollektor-Emitter-Übergang niederohmig und die Anschlussklemme erhält ein definiertes Massepotential. Auf die Darstellung einer Schutzbeschaltung mit Widerständen, Kondensatoren und Dioden, wird in der Darstellung verzichtet.

8.3.5 Einstellmöglichkeiten

Alarm- und Verzögerungszeiten werden über Potentiometer eingestellt.

Zwei Steckbrücken J1 und J2 bestimmen die Art der Signalisierung und Quittierung über das Blitzlicht und den internen Summer.

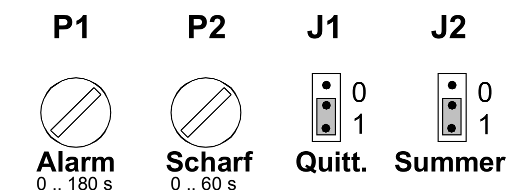


Bild: Einstellmöglichkeiten an der Zentrale

P1, Alarm	Alarmdauer der Sirene
P2, Scharf	Scharf- und Alarm-Verzögerungszeit
J1, Quitt.	Scharf-/Unscharf-Bestätigung über Blitzlicht 1 = ja, 0 = nein
J2, Summer	1 = interner Summer signalisiert Scharf-/Unscharfschaltung und Alarmverzögerung 0 = interner Summer ertönt nur bei Alarm

8.3.6 Notstromversorgung

Die Alarmzentrale kann mit einer Batterie ausgerüstet werden, die bei einem Ausfall der Netzspannung die Alarmzentrale und die externen Komponenten mit Spannung versorgt.

Die Notstrombatterie liefert nicht unbegrenzt Energie. Daher ändern sich Anzeige und Funktionalität im Notstrombetrieb wie folgt:

- Die LED „Netz“ blinkt.
- Die Alarmanlage kann nicht scharfgeschaltet werden.
- Im Alarmfall wird nur der Blitz, aber nicht die Sirene angesteuert.
- Der Notstrombetrieb kann bis zu 12 Stunden aufrecht gehalten werden. Werden Melder (Bewegungsmelder) eingesetzt, die von der Zentrale mit Spannung versorgt werden, ist die Notstromzeit verkürzt. Im Alarmfall (Blitzlicht) ist die Kapazität der Batterie schon nach einer Stunde erschöpft.

8.3.7 Installations- und Anschlusshinweise

Für den sicheren Betrieb von verdrahteten Alarmanlagen sind bei der Installation folgende Punkte zu beachten:

- Alle Leitungen sollten möglichst nicht sichtbar unter Putz verlegt werden.
- Alle Leitungen sollten nur innerhalb des Sicherungsbereiches verlegt werden. Bei Anbindung eines externen Gerätes (z. B. Außensirene) muss sich der Leitungsaustritt direkt hinter dem Alarmgerät befinden, damit keine Manipulation an der Zuleitung möglich ist (geschützt über Sabotageschutz).
- An allen Anschlussstellen müssen einwandfreie Verbindungen gewährleistet werden. Dies kann durch geeignete Löt- oder Schraubklemmen-Verteiler erfolgen.
- Wenn Melder auf bewegliche Teile installiert werden müssen (z. B. Tür- und Fensterflügel), sollten dort Kabelüberführungen verwendet werden, damit die Zuleitung nicht beschädigt wird.
- Alarm-Bewegungsmelder sind immer an einem erschütterungsfreien Ort zu montieren. Im Erfassungsfeld sollten sich keine Wärmequellen wie Heizungen, Lampen oder Lüftungen befinden. Diese könnten beim Einschalten (z. B. Anwesenheitssimulation) einen Alarm auslösen.

8.3.8 Anschlussbeispiele

Die folgenden Anschlussbilder dienen als Hilfestellung beim Anschluss externer Komponenten. Angesichts der Vielzahl unterschiedlicher Komponenten mit verschiedenen Ausführungsvarianten können die Anschlüsse variieren.

Externer Schlüsselschalter

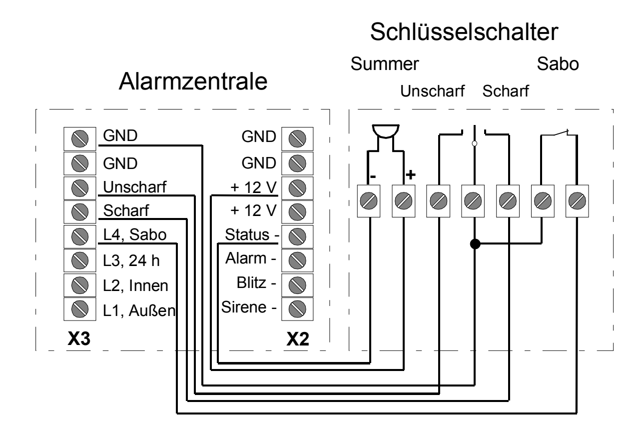


Bild: Anschluss Schlüsselschalter

Übertragungsgerät (ÜG)

Im Alarmfall wird der Alarmausgang angesteuert. Dieser Signalausgang wird mit dem Eingang des Übertragungsgerätes verbunden. Die DC 12 V-Versorgung kann auch über die Zentrale erfolgen.

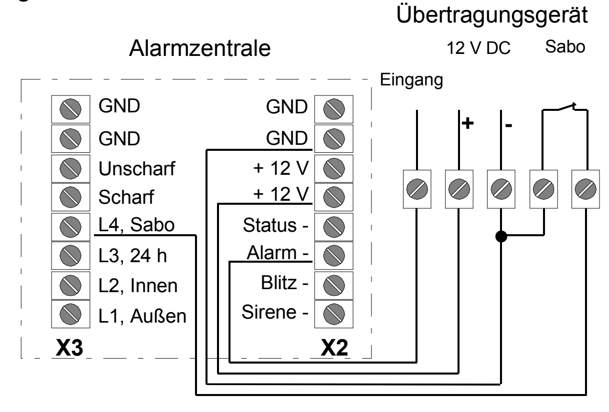


Bild: Anschluss Übertragungsgerät

Meldelinien

Jede der 4 Meldelinien bestehen aus einer Reihenschaltung von Öffnerkontakten.

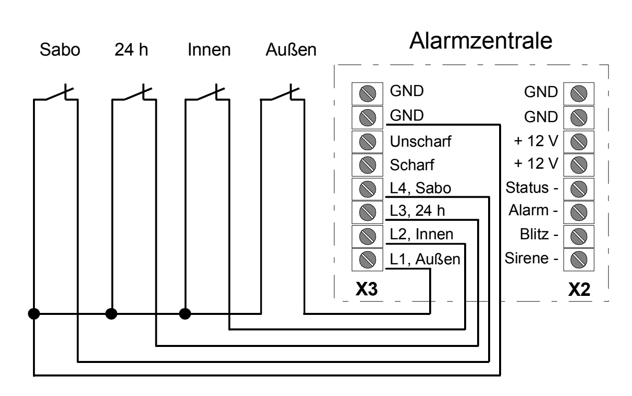


Bild: Anschluss der vier Meldelinien

Alarmgeber

Die Alarmgeber müssen wie im folgenden Bild beschrieben angeschlossen werden.

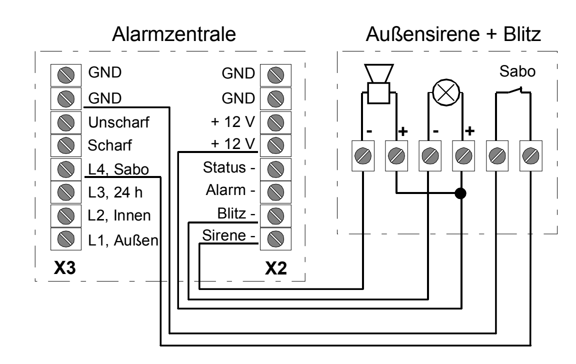


Bild: Anschluss Außensirene mit Blitzlicht

Alarm-Bewegungsmelder

Die Öffnerkontakte "Alarm" und "Sabo der Alarm-Bewegungsmelder werden immer in Reihe verdrahtet. Je nach örtlichen Gegebenheiten ist eine sternförmige Leitungsverlegung der Alarm-Bewegungsmelder sinnvoll.

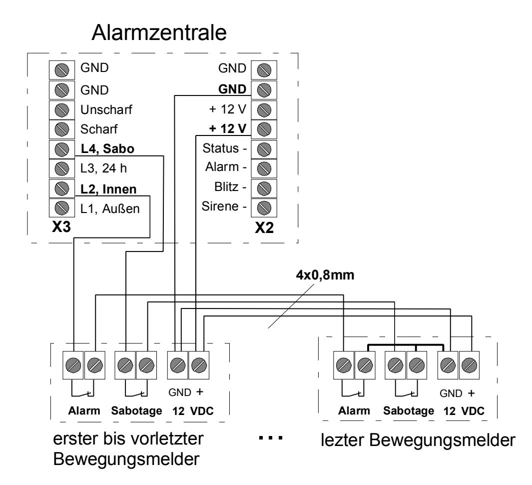


Bild: Alarm-Bewegungsmelder in Reihe

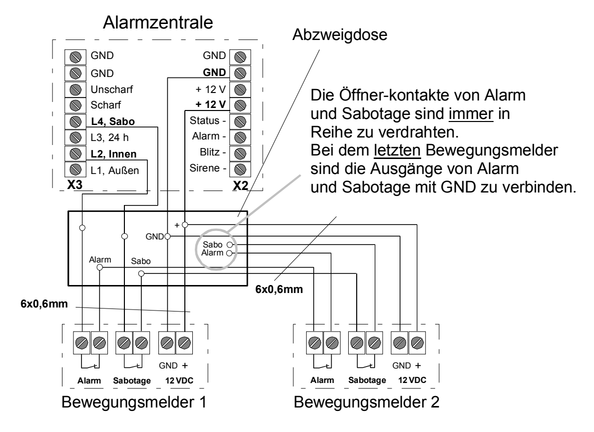
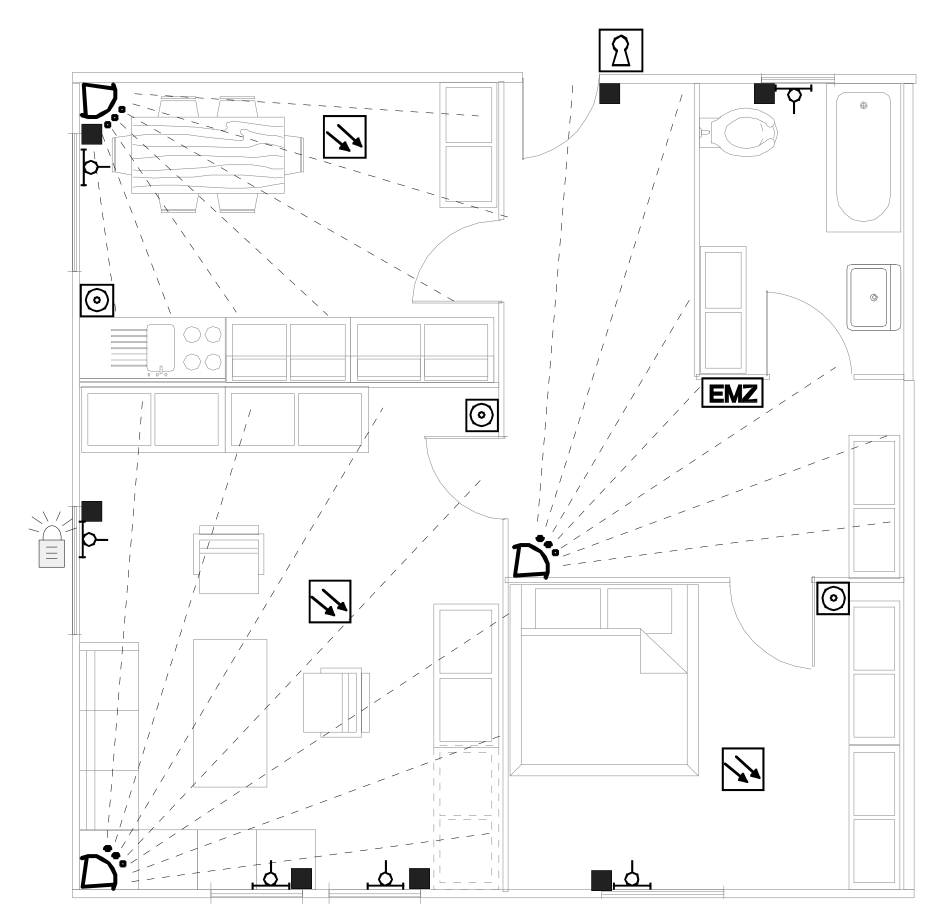


Bild: Sternförmige Verdrahtung der Bew.Melder

8.3.9 Projektierungsbeispiel

Beispielhaft zeigt die folgende Skizze, wie die Projektierung einer Etagenwohnung aussehen könnte:

- Magnetkontakte und Glasbruchmelder überwachen die Fenster auf Öffnung und Durchbruch. Ein Öffnen der Wohnungstür wird ebenfalls gemeldet. Diese Melder werden in die Außenhautsicherung (Meldelinie 1) integriert.
- Die Alarm-Bewegungsmelder überwachen den Innenraum (Küche, Wohnzimmer und Flur). Ein Zugriff auf die Alarmzentrale ist nicht möglich, ohne in das Erfassungsfeld des Bewegungsmelders im Flur zu kommen. Die Bewegungsmelder werden in die Meldelinie 2 für die Innenraumüberwachung integriert.
- Die Rauchmelder in Küche, Wohnzimmer und Schlafzimmer und die Überfalltaster werden in die 24h-Linie (Meldelinie 3) integriert. Die Überfalltaster sollten so angebracht werden, dass sie nicht „zufällig“ betätigt werden können.
- Schlüsselschalter, Außensirene mit Blitzlicht und die Sabotagekontakte der Alarm-Bewegungsmelder werden in die Sabotagelinie (Meldelinie 4) einbezogen.



EMZ Alarmzentrale

Außensirene + Blitzlicht

Glasbruchmelder

Infrarot-Bewegungsmelder

Magnetkontakt

Optischer Rauchmelder

Schalteinrichtung

Überfallmelder

GIRA